

ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIERIA NAVAL Y OCEANICA



TRABAJO FIN DE ESTUDIO

Máster en Ingeniería Naval y Oceánica

(Junio 2021)

Anteproyecto de un Catamarán de Pasaje de Alta Velocidad Construido en PRFV

Autor:

Luis Rodríguez Ramos

Tutor:

Leandro Ruiz Peñalver

Agradecimientos

En el momento en el que estás a punto de cerrar la etapa estudiantil, miras atrás y ves el recorrido que has hecho durante tantos años, tantas experiencias vividas y tantas personas que han pasado por tu vida de alguna u otra manera. En ese momento, te das cuenta del logro tan grande que has conseguido al convertirte en Ingeniero Naval y Oceánico. Por supuesto, no ha sido un camino fácil, pero hay momentos en la vida donde tienes que dar un paso atrás para dar dos para adelante. Y el Máster de Ingeniero Naval y Oceánico en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Navales y Oceánicos de Cartagena fue uno de esos momentos.

Se inició una etapa con la mayor incertidumbre del mundo, pero a la vez, con un objetivo claro, ser Ingeniero Naval y Oceánico. Cuando echo la vista atrás y pienso como conseguí cumplir ese objetivo marcado, no hay duda que lo primero que se me viene a la cabeza es por ese grupo de jóvenes que empezamos todos a la vez, sin grandes similitudes pero que pronto nos convertimos en una familia. Por este motivo, quiero hacer una mención especial en estos agradecimientos a Álvaro González, Alejandro Hernández, Javier Alemán, Rafael González, Guillem Larred y Álvaro Foz.

También quiero agradecer a mi familia por el apoyo moral y económico que he tenido de ellos en todo momento durante toda la etapa estudiantil, sin ellos todo este camino no hubiese existido.

Además, quiero agradecer del apoyo recibido durante este Trabajo Fin de Título a mi tutor D. Leandro Ruiz Peñalver por haberme dado la oportunidad de desarrollar este proyecto apasionante y al equipo de LRL Ingeniería y Consultoría Naval por el apoyo que me han dado durante este periodo.



INDICE GENERAL

Cuaderno 1 – Memoria Introdutoria

Cuaderno 2 – Dimensionamiento

Cuaderno 3 – Diseño de Formas

Cuaderno 4 – Disposición General

Cuaderno 5 – Arquitectura Naval

Cuaderno 6 – Resistencia Estructural

Cuaderno 7 – Cálculo de la Potencia Propulsora

Cuaderno 8 – Planta Propulsora y Cámara de Máquinas

Cuaderno 9 – Equipos y Servicios

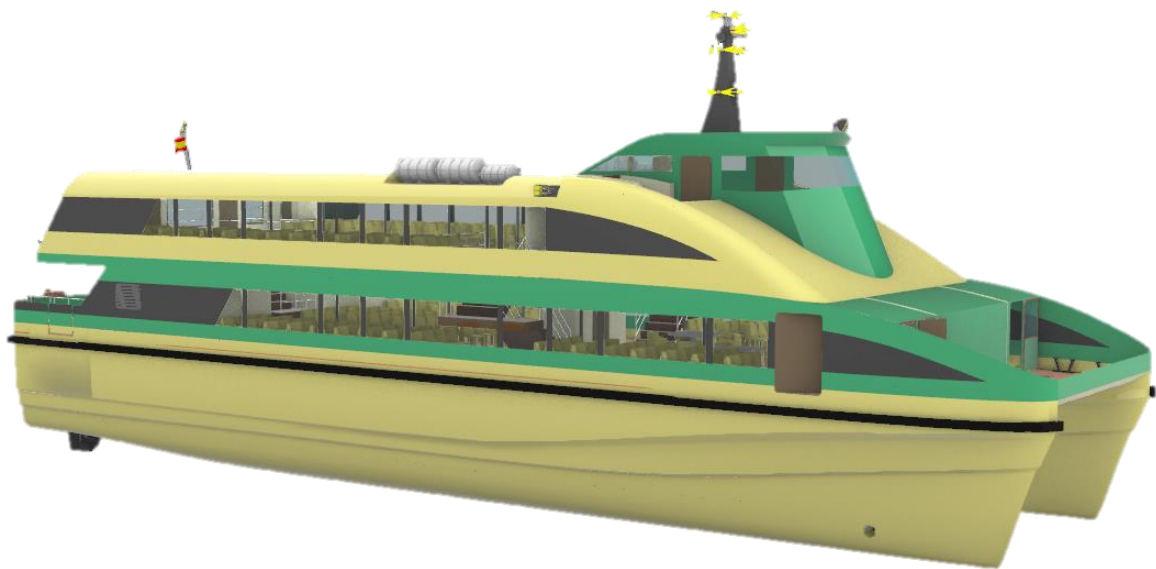
Cuaderno 10 – Planta Eléctrica

Cuaderno 11 – Peso en Rosca y Centro de Gravedad

Cuaderno 12 – Condiciones de Carga y Estabilidad

CUADERNO 1

MEMORIA INTRODUCTORIA



Autor: Luis Rodríguez Ramos

Tutor: Leandro Ruiz Peñalver



INDICE

1. Especificaciones del proyecto	1
2. Introducción	2
3. Consideraciones principales	3
3.1. Buque de pasaje	3
3.2. Tipo de buque	3
3.3. Alta velocidad	4
3.4. Ruta	4
3.5. Categoría de navegación	5
3.6. Material de construcción	5
4. Normativa a aplicar	7
5. Base de datos	8
5.1. Ejemplos de buques	8
5.2. Base de datos	10
6. Bibliografía	11



INDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Ruta de navegación 5

Figura 2 - Eco Aqua..... 8

Figura 3 - Illetas Jet..... 8

Figura 4 - Espalmador Jet 8

Figura 5 - Krilo Carbo 9

Figura 6 - Sognekongen..... 9

Figura 7 - Krilo Lux..... 9

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 - Base de datos 10



1. ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO

- Clasificación: Lloyds Register
- Pasajeros: 300
- Velocidad crucero: 24 nudos
- Autonomía: 450 millas náuticas
- Material constructivo: GRP
- Aspectos adicionales: Estudio por elementos finitos de los elementos estructurales más importantes.



2. INTRODUCCION

La elección de este proyecto viene motivada por el camino que está tomando la industria naval para adaptarse a las nuevas exigencias que demanda la evolución, las tecnologías y el medio ambiente. La industria naval se está encauzando hacia buques más sostenibles y más seguros, para ello, se apuesta por el uso de los materiales compuestos por sus enormes ventajas que tienen para solventar los problemas actuales que padece la industria naval.

Cada vez son más los proyectos de I+D+I en los que se involucran los materiales compuestos en la fabricación de todo tipo de embarcación. El programa HORIZONTE 2020 financia proyectos como FIBRESHIP o FIBRYGY donde se muestra el esfuerzo que está haciendo la industria europea para optimizar el uso de los materiales compuestos y poder obtener todas las ventajas que poseen los mismos.

Este anteproyecto busca combinar los métodos clásicos de diseño de los buques con los métodos más novedosos como el uso de los métodos de los elementos finitos, que son imprescindibles para alcanzar el límite de estos materiales.



3. CONSIDERACIONES PRINCIPALES

A continuación, se procede a nombrar e introducir aspectos importantes del desarrollo del proyecto:

3.1. Buque de pasaje

La función principal de la embarcación a diseñar es el transporte de personas entre dos puertos distintos en línea regular. Al estar denominado como un buque de pasaje, durante el proyecto se irá desarrollando la normativa pertinente en relación al pasaje. La normativa de buque de pasaje es con diferencia más severa en cuanto a la seguridad de la propia embarcación, del pasaje y de la tripulación que cualquier otra normativa destinada al diseño naval.

Otro aspecto importante a tener en cuenta de los buques de pasaje y que no está especificado en ninguna normativa, sino que se emplea la propia lógica del diseñador y los requisitos del armador, es el confort de la embarcación. Esto se desarrolla en distintos del proyecto, como son los espacios disponibles para el pasaje, la distribución de la disposición general o asuntos propios de la navegabilidad de la embarcación. Una embarcación de pasaje debe tener una buena respuesta a la acción del mar para evitar el mareo de los pasajeros, para ello hay que procurar la reducción de los movimientos de balance, cabeceo y arfada.

Un buque de pasaje además de lo nombrado anteriormente también debe ofrecer un servicio de cafetería a bordo y la asistencia de la tripulación cuando se requiera, por ello debe haber un número adecuado de tripulación para satisfacer las necesidades del cliente.

Por último, y siguiendo la tendencia que demanda el cliente. Un buque de pasaje debe llegar al destino en el tiempo más corto posible. Por ello, el proyecto a desarrollar se hará teniendo en cuenta la normativa de naves de alta velocidad.

3.2. Tipo de buque

La tendencia global en los buques de pasaje cambió hace aproximadamente 25 años, en ese momento se inició la nueva era de los catamaranes de pasaje actuales principalmente por los siguientes motivos:

- Mayor capacidad de carga y de pasaje
- Comodidad de los pasajeros
- Aumento de la zona de habitación
- Mayor velocidad y reducción de tiempos
- Reducción de calados y reducción de trabajos de dragados en puertos
- Embarcaciones más seguras que los monocascos
- Reducción del consumo



3.3. Alta velocidad

A la vez que la tendencia de los catamaranes de pasaje iba surgiendo, se instalaba también la alta velocidad en estos buques. Esta implantación ha sido posible gracias a la revolución tecnológica que se han producido en maquinarias, equipos y estructuras marinas.

A medida que se incrementaba el número de embarcaciones se hacía preciso una normativa específica para dar solución a la problemática del momento. Por lo que se creó el Código "HSC" en 1994.

Esta normativa en comparación con otras, se considera una normativa bastante exigente en cuanto a especificaciones de construcción y equipos a bordo. Lo que supone un gran gasto inicial al armador. Pero la principal restricción se establece en las limitaciones operacionales, muchas veces difíciles de prever al depender muchas veces de la meteorología.

3.4. Ruta

Las conexiones de personas siempre se han ido desarrollando a lo largo de los siglos con el objetivo de llegar más lejos en el menor tiempo posible. España es un país miles de kilómetros de costa donde, además, posee dos archipiélagos y dos ciudades autónomas separadas de la península ibérica.

Se ha observado las distintas conexiones y se ha llegado a la conclusión que la ruta Puerto de Ibiza – Puerto de Valencia presenta ciertas carencias. Dicha ruta la operan dos líneas marítimas predominantes en el territorio español, cuyos tiempos de travesía son de 5 horas y 6 horas y 30 minutos.

Se considera que esos tiempos son algo extensos a los tiempos que corren. Aprovechando que ambas ciudades cuentan con puertos de pasaje, y dichos puertos se encuentra inmersos en la propia ciudad. Se estima que el servicio de transporte de pasajeros entre ambas ciudades puede ser mejorado sustancialmente.

Es cierto, que el servicio de transporte de pasajeros se cubre por el tráfico aéreo, pero sumando los tiempos de espera tanto en el aeropuerto de origen como de destino y los tiempos de transporte por carretera desde las ciudades al aeropuerto se estima en una duración de aproximadamente 2 horas y 30 minutos de viaje total.

La solución propuesta para cubrir la ruta Puerto de Ibiza – Puerto de Valencia es un catamarán de pasaje que navegue a una velocidad de 24 nudos capaz de transportar a 300 personas en 3 horas y 45 minutos de trayecto. Además, hay que sumarle los tiempos de trayecto en carretera y de espera, pero son bastante inferiores a los del transporte aéreo.

Finalmente se estima que el transporte en barco será superior 1 hora y 45 minutos al de avión. Y teniendo en cuenta, que los precios de líneas regulares en el transporte de pasajero están regulados por tarifas fijas, se estima que sería un negocio rentable para el armador.

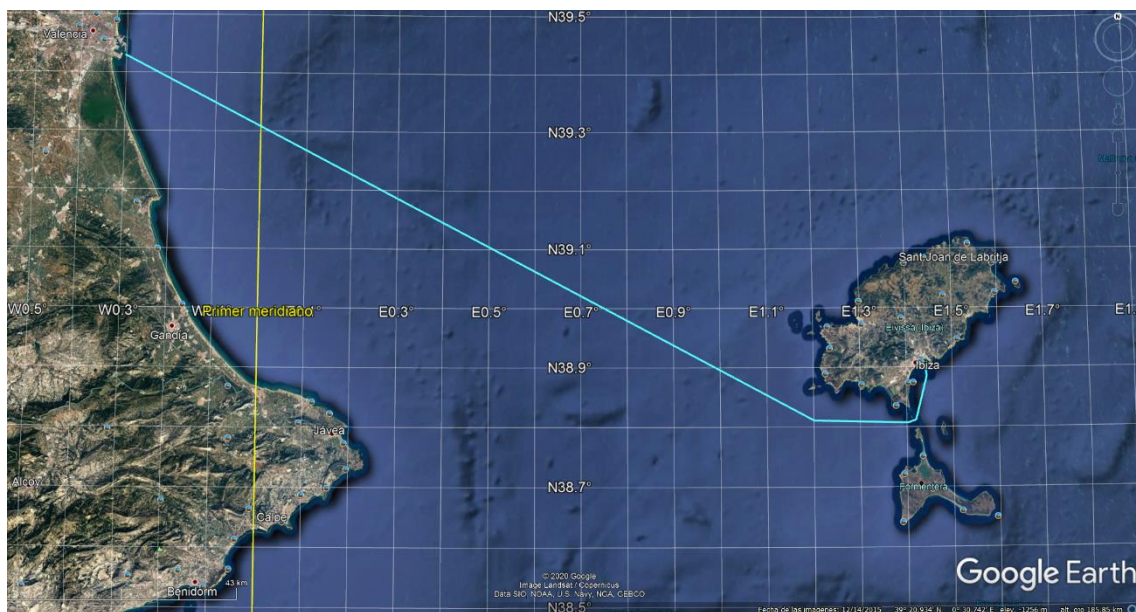


Figura 1 - Ruta de navegación

3.5. Categoría de navegación

Según la ruta descrita y la cantidad de pasaje que transporta, el Código “HSC” considera de la categoría de navegación a la que pertenece la embarcación corresponde con una “Nave de categoría A’’. Este tipo de embarcaciones tiene que cumplir los dos requisitos siguientes:

Que opere en una ruta que se haya demostrado de forma satisfactoria, a juicio del Estado de abanderamiento y del Estado rector del puerto, que hay una gran probabilidad de que, en caso de evacuación en cualquier punto de dicha ruta, se pueda rescatar de forma segura a todos los pasajeros y a la tripulación en el menor de los tiempos siguientes:

- Tiempo necesario para evitar que las personas que se encuentre en una embarcación de supervivencia sufran hipotermia por exposición a la intemperie en las peores condiciones previstas.
- Tiempo adecuado en relación con las condiciones ambientales y las características geográficas de la ruta.
- 4 horas

1. Que transporte como máximo 450 pasajeros.

3.6. Material de construcción

Las embarcaciones de pasaje de alta velocidad están divididas según el material de construcción en dos grandes grupos. Las embarcaciones de aluminio y las de materiales compuestos. Las primeras, estadísticamente son embarcaciones más grandes que las segundas. Si bien, las embarcaciones de materiales compuestos, a medida que mejora la tecnología de materiales, diseños y métodos de construcción, cada vez se fabrican de mayores dimensiones.



Se ha escogido que la embarcación se construya en materiales compuestos teniendo en cuenta las siguientes ventajas que generan estos materiales a la construcción naval.

- La carencia de corrosión en este tipo de material aumenta el ciclo de vida de la embarcación y disminuye los costes de mantenimiento.
- Las estructuras de materiales compuestos son capaces de amortiguar la firma acústica de los equipos del buque y de la propia estructura mejor que el aluminio, por lo que se consigue una perturbación mejor del medio marino.
- Las embarcaciones construidas en materiales compuestos son más ligeras que las embarcaciones construidas en aluminio, con esto se obtiene, una reducción del consumo de carburante y por tanto menor contaminación, mayor capacidad de carga para un mismo calado y ahorro por la reducción de potencia necesaria.
- Los tiempos de fabricación de la estructura se reducen enormemente debido a los métodos de fabricación de estas embarcaciones.
- Otra de las ventajas que poseen estos materiales, son las distintas formas que pueden tomar las estructuras, consiguiéndose resultados hidrodinámicos muy eficientes y consiguiendo formas muy atractivas para los clientes.



4. NORMATIVA A APLICAR

El proyecto se va a regir por la normativa del Lloyds Register. Adicionalmente, y dadas las características del buque, su función a realizar y la bandera que va a portar, se deberá cumplimentar con las normativas que se expone a continuación:

- Código Internacional de Seguridad para naves de gran velocidad.
- Código de Seguridad de la vida en el mar – SOLAS.
- Código Internacional para prevenir la contaminación por los buques – MARPOL 73/78.
- Convenio sobre francobordo de 1966.
- REAL DECRETO 1247/1999, de 16 de julio, sobre reglas y normas aplicables a los buques que realizan travesías entre puertos españoles.
- REAL DECRETO 1544/2007, de 23 de noviembre, por el que se regulan las condiciones básicas de accesibilidad y no discriminación para el acceso y utilización de los modos de transporte para personas con discapacidad.
- MSC/Circ.735 del 24 de junio de 1996 de la IMO, recomendación sobre el diseño y las operaciones del buque para personas mayores y para las necesidades de personas discapacitadas.



5. BASE DE DATOS

5.1. Ejemplos de buques

Eco Aqua

Eslora total = 28.45 m

Manga = 9.00 m

Puntal = 3.34 m

Calado = 1.61 m

Velocidad máxima = 28 nudos

Pasajeros = 350



Figura 2 - Eco Aqua

Illetas Jet

Eslora total = 29.95 m

Manga = 9.00 m

Puntal = 3.50 m

Calado = 1.30 m

Velocidad máxima = 28 nudos

Pasajeros = 300



Figura 3 - Illetas Jet

Espalmador Jet

Eslora total = 28.40 m

Manga = 9.00 m

Puntal = 3.40 m

Calado = 1.45 m

Velocidad máxima = 27 nudos

Pasajeros = 300



Figura 4 - Espalmador Jet



Krilo Carbo

Eslora total = 40.80 m

Manga = 10.80 m

Puntal = 3.80 m

Calado = 1.20 m

Velocidad máxima = 35 nudos

Pasajeros = 350



Figura 5 - Krilo Carbo

Sognekongen

Eslora total = 37.50 m

Manga = 10.80 m

Puntal = 3.80 m

Calado = 1.20 m

Velocidad máxima = 34 nudos

Pasajeros = 295



Figura 6 - Sognekongen

Krilo Lux

Eslora total = 36.00 m

Manga = 10.50 m

Puntal = 3.34 m

Calado = 1.60 m

Velocidad máxima = 34 nudos

Pasajeros = 440



Figura 7 - Krilo Lux



5.2. Base de datos

Nombre	Constructor	Año	Ltotal (m)	Manga (m)	Puntal (m)	Calado (m)	Velocidad máxima (nudos)	Pasajeros	Potencia Máxima (BHP)
Eco Aqua	Gondan	2017	28.45	9.00	3.34	1.61	28	350	CATERPILLAR C32
Illetas Jet	Rodman	2017	29.95	9.00	3.50	1.30	28	300	2x1800
Espalmador Jet	Rodman	2016	28.4	9.00	3.40	1.45	27	300	Mitsubishi S1 2R-(Z3) MPTAW
Krilo Carbo	BRØDRENE AA	2012	40.8	10.80	3.80	1.20	35	350	MTU16V
Sognekongen	BRØDRENE AA	2011	37.50	10.80	3.80	1.20	34	295	MTU16V
Krilo Lux	Gondan	2019	36.00	10.50	3.40	1.60	34	440	-

Tabla 1 - Base de datos

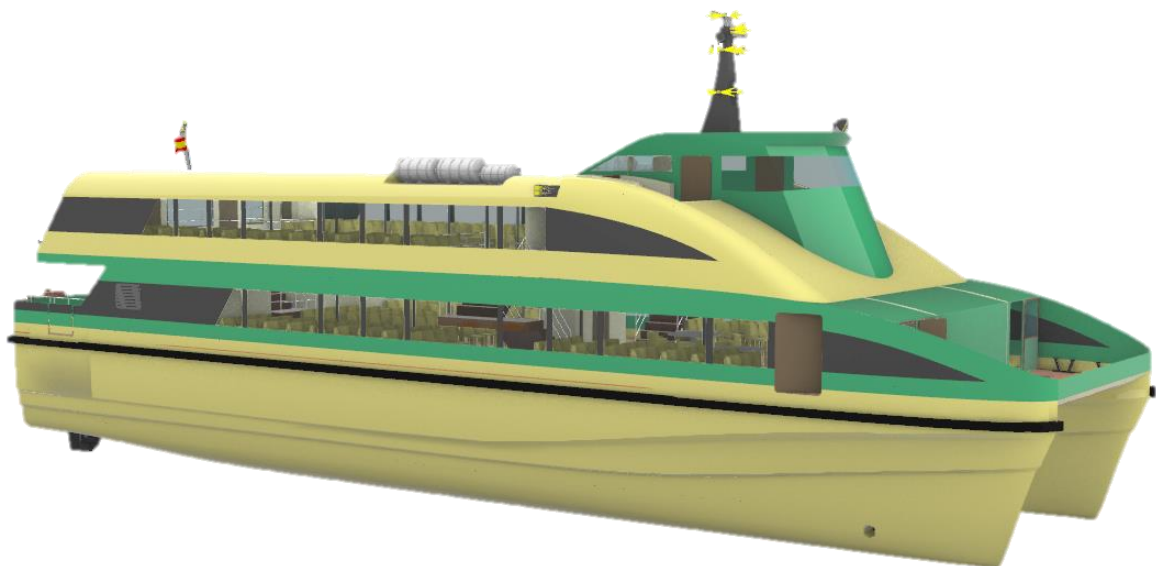


6. BIBLIOGRAFIA

1. División de Programas de la Unión Europea del CDTI "Guía del participante HORIZONTE 2020", junio 2014.
2. Dr. Jaime Rodrigo de Larrucea "Embarcaciones de alta velocidad". UPC diciembre 2008.
3. Proyecto FIBRESHIP (2019), obtenido de:
<http://fibrsehip.eu>
4. Datos de embarcaciones del Astillero Rodman, obtenido de:
<http://rodman.es>
5. Datos de embarcaciones del Astillero Gondan, obtenido de:
<http://gondan.es>
6. Datos de embarcaciones del Astillero Brødrene AA, obtenido de:
<http://braa.no>
7. Resolución MSC.97(73) "Código internacional de seguridad para naves de gran velocidad", diciembre 2000.

CUADERNO 2

DIMENSIONAMIENTO



Luis Rodríguez Ramos

Tutor: Leandro Ruiz Peñalver



INDICE

1. Especificaciones..... 1

2. Introducción 2

3. Definición de las dimensiones..... 3

 3.1. Cálculo de la eslora..... 3

 3.2. Cálculo de la manga total 4

 3.3. Cálculo de la manga de cada patín..... 6

 3.4. Cálculo del puntal..... 7

4. Desplazamiento..... 10

 4.1. Peso en rosca..... 11

 4.2. Peso muerto 14

 4.3. Desplazamiento de diseño 16

5. Resumen..... 17

6. Bibliografía 18



INDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Relación pasajeros - eslora total	3
Figura 2 - Relación velocidad - manga.....	5
Figura 3 - Relación velocidad - manga / eslora total	5
Figura 4 - Relación eslora total - puntal	7
Figura 5 - Datos boya SIMAR 2092107	8
Figura 6 - Gráfica frecuencia - altura significativa.....	8
Figura 7 - Dirección prevalente del oleaje	9
Figura 8- Disposición general preliminar	10
Figura 9 - Estimación potencia del propulsor.....	14
Figura 10 - Estimación consumo del propulsor.....	14

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 - Factor manga / eslora total	5
Tabla 2 - Empacho motores principales.....	6
Tabla 3 - Estimación peso de la estructura	11
Tabla 4 - Estimación peso de la maquinaria y equipos	12
Tabla 5 - Estimación peso de la habilitación	13
Tabla 6 - Estimación pesos totales	13
Tabla 7 - Estimación pesos consumibles líquidos	15
Tabla 8 - Estimación pesos víveres.....	15
Tabla 9 - Estimación pesos tripulación y pasaje.....	16
Tabla 10 - Estimación peso muerto.....	16
Tabla 11 - Estimación desplazamiento de diseño	16



Tabla 12 - Resumen dimensiones principales 17



1. ESPECIFICACIONES

- Clasificación: Lloyds Register
- Pasajeros: 300
- Velocidad crucero: 24 nudos
- Autonomía: 450 millas náuticas
- Material constructivo: GRP
- Aspectos adicionales: Estudio por elementos finitos de los elementos estructurales más importantes.



2. INTRODUCCION

En este cuaderno se estudiarán las principales dimensiones de la embarcación a partir de los datos de partida de las embarcaciones similares estudiadas en el anterior cuaderno. Además, se estudiarán las distintas normativas para prever posibles exigencias dimensionales o equipos a añadir teniendo en cuenta las dimensiones.

Desde un principio se intentará ajustar la eslora, manga y puntal de la embarcación en cambio, dimensiones como el peso muerto o el desplazamiento será sometido a la espiral de diseño a lo largo de todo el proyecto.

Si bien, los datos que se establecerán al final del cuaderno nos permiten calcular las distintas exigencias del proyecto de una manera muy exacta.



3. DEFINICION DE LAS DIMENSIONES

El diseño de las dimensiones principales del proyecto se llevará a cabo en una primera instancia por regresiones de buques similares calculando primero las dimensiones con mayor relevancia.

Como se ha podido observar en la base de datos del cuaderno 1, algunas de las dimensiones no se podrán obtener de manera concisa por las regresiones puesto que este tipo de embarcación carece de otras similares debido al actual auge de estos catamaranes construidos en GRP. Si bien, se les dará mayor importancia a las embarcaciones “Eco Aqua” y “Illetes Jet” por ser las seleccionadas como buques base. No obstante, la embarcación a diseñar desarrollará una ruta diferente y como consecuencia necesitará de distintos servicios y dimensiones.

3.1. Cálculo de la eslora

Las embarcaciones seleccionadas realizan pequeñas distancias comparado con la embarcación a diseñar, en la siguiente regresión se puede observar dos grandes grupos de embarcaciones dependiendo del constructor.

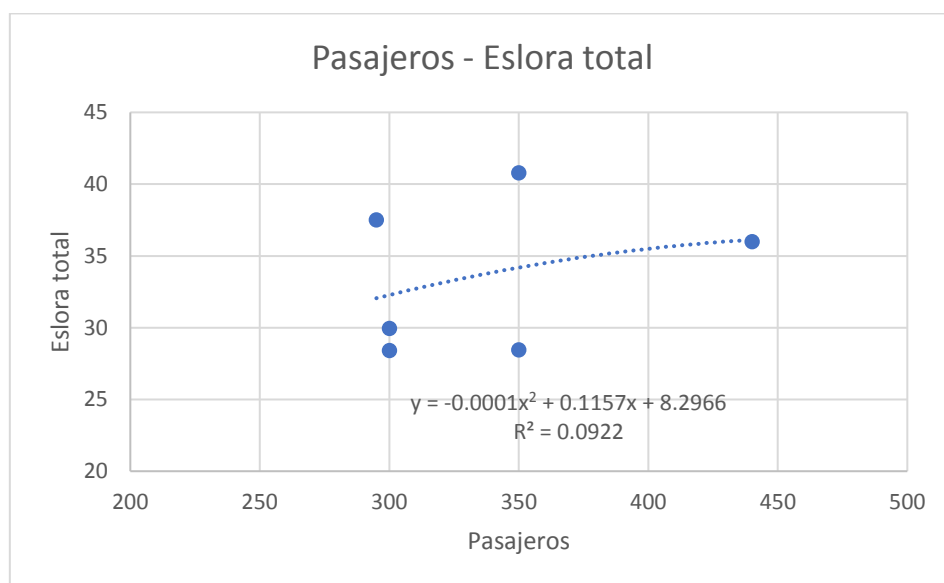


Figura 1 - Relación pasajeros - eslora total

Eslora total = 34.00 metros

Como se ve en la curva de regresión, los valores difieren totalmente unos de otros, pero como se ha comentado, esto es básicamente por los distintos constructores y las diferentes distribuciones de la habilitación.

Según las embarcaciones bases utilizadas. La eslora del catamarán debería ser 29 metros aproximadamente pero como se comentó anteriormente, los servicios difieren ligeramente de éstas. Al ser una travesía de 3 horas 45 minutos, se prestará un servicio de cocina. Además, los tanques de combustible y de agua dulce requerirán más espacio. Los pasajeros necesitarán algo



más de espacio en ambas cubiertas para al aumentar considerablemente el tiempo de la travesía.

Por estos motivos, los 34 metros obtenidos según las regresiones se darán como válidos a priori.

3.2. Cálculo de la manga total

El dimensionamiento de la manga total de la embarcación es un parámetro que depende de varios factores.

El principal factor a tener en cuenta es el empacho y la disposición de cada una de las zonas de la embarcación. Para ello, y una vez obtenida la eslora preliminar, se tendrá en cuenta la distribución de los 300 pasajeros a lo largo en la embarcación para que disfruten de un trayecto confortable, pero sin olvidar la viabilidad económica del buque. Otro aspecto importante, será los servicios a bordo del barco y el número de cubiertas. Siguiendo el diseño de los buques seleccionados en la base de datos y teniendo en cuenta el objetivo de la embarcación, se opta por un buque de pasaje con dos cubiertas en las que no puede faltar servicio a bordo de cocina por la duración de la travesía, butacas amplias como zonas de comedor y pasillos amplios como zonas exteriores.

Otro factor importante es la estructura del túnel entre cascos, a más manga total, más momento flector se producirá y más grandes deberán ser los refuerzos estructurales con sus consecuentes costos y pesos adicionales. Para conseguir un compromiso óptimo entre estos dos aspectos, se necesita cierta experiencia en este sector, por lo cual, la base de datos tendrá una importancia elevada en el cálculo de la manga total.

El flujo de agua que fluye a través de los dos patines, cobra especial importancia en los catamaranes de alta velocidad. Si la separación entre patines es estrecha se producirá un estancamiento en el flujo de agua interior, aumentando considerablemente la resistencia al avance. Para el cálculo este factor se procederá más adelante, pues en estos momentos el proyecto se encuentra en una fase muy temprana.

La estabilidad es un factor poco relevante para una embarcación tipo catamarán en cuanto a medidas de seguridad se refiere, si bien, si cobra especial importancia para el movimiento de balance. Una estabilidad excesiva producirá fuertes movimientos de balance, como consecuencia, se traducirá en náuseas y mareos para el pasaje de abordó. Por tanto, se deberá estudiar una situación de equilibrio entre estabilidad y balance.

Como se ha explicado anteriormente, la velocidad es un factor clave para el cálculo de la manga. A continuación, se relaciona distintos parámetros en los que se obtendrá una manga total preliminar.

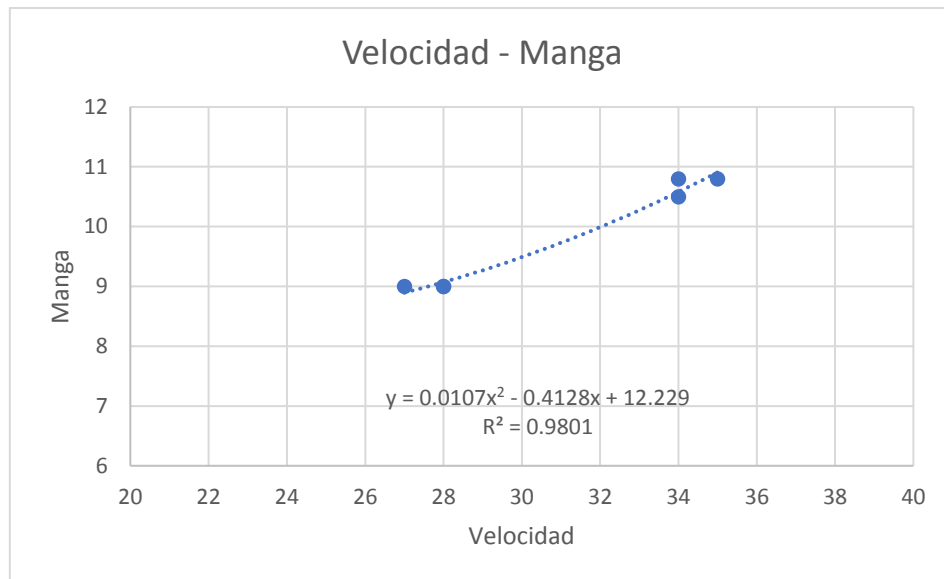


Figura 2 - Relación velocidad - manga

Manga total = 9.06 metros

Tabla adimensional del factor manga / eslora total

Nombre	Manga / Eslora total
Balearia Eco Aqua	0.316
Illetas Jet	0.301
Espalmador Jet	0.317
Krilo Carbo	0.265
Sognekongen	0.288
Krilo Lux	0.292

Tabla 1 - Factor manga / eslora total

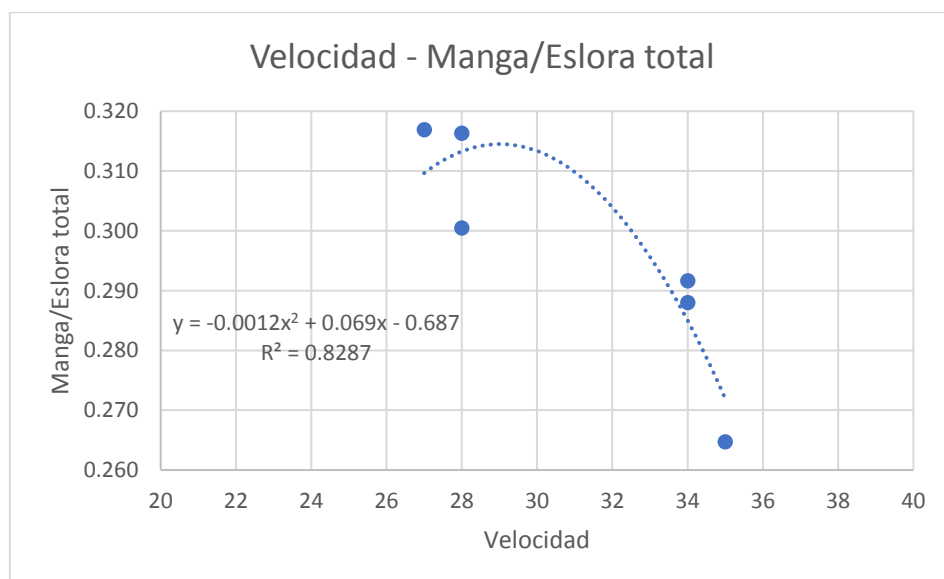


Figura 3 - Relación velocidad - manga / eslora total



Manga total = 10.68 metros

Finalmente, realizando la media se obtiene:

Manga total = 9.87 metros

Con la manga obtenida, se ha realizado la distribución de los pasajeros y servicios a realizar en un croquis. Obteniendo una disposición amplia, cómoda y confortable, pero sin ser excesivamente grande.

Comparándola con los buques de la base de dato, se encuentra dentro de los parámetros admisible, por consiguiente, será la manga preliminar seleccionada hasta fases más avanzadas donde se estudiará la embarcación estructuralmente, la resistencia al avance de la misma y finalmente la estabilidad.

3.3. Cálculo de la manga de cada patín

Una vez obtenida la manga total, se procede a dimensionar la manga de cada patín. En esta ocasión, no se dispone de datos en la base de barcos del 'cuaderno 1', no obstante, se dimensionará de acuerdo, al uso de la razón y tras la consulta de varios artículos de investigación para catamaranes de alta velocidad.

En primer lugar, la manga del patín determinará el flujo de agua que fluye por dentro del túnel del catamarán, por lo tanto, esta dimensión no puede ser excesiva. De lo contrario se producirá un estancamiento del agua, afectando a al incremento de resistencia al avance.

Otro factor importante es el empacho de la sala de máquinas. Hay que tener en cuenta el ancho del motor, los refuerzos a cada lado de la sala de maquina y un espacio considerable para operar dentro de la misma.

Nombre	Motores	Ancho (m)
Eco Aqua	CATERPILLAR C32	1.53
Illetas Jet	Cummins KTA 50-M2	1.56
Espalmador Jet	Mitsubishi S1 2R-(Z3) MPTAW	1.59
Krilo Carbo	MTU16V 2000 M61	1.43
Sognekongen	MTU16V 2000 M62	1.43
Krilo Lux	-	-

Tabla 2 - Empacho motores principales

Teniendo las dimensiones de los motores principales de los barcos de la base de datos, se asume un ancho de 1.50 metros aproximados. La estructura del casco y los refuerzos tendrán un espesor aproximado de 250 milímetros a ambas bandas. Por último, y en base a la experiencia de cámaras de máquinas similares, se dará 500 milímetros a ambos lados del motor.



Manga cada patín = 3.00 metros

Cabe decir, que este valor puede ser modificado a medida que avance el proyecto y se comprueben parámetros como calado o flujo de agua interior.

3.4. Cálculo del puntal

Altura de motores y empacho (0.2 refuerzos arriba y abajo, motor 1.6, espacio libre 0.5, polín 0.4

Para el cálculo del puntal, se debe tener en consideración el llamado “pantocazo”, como consecuencia inmediata, la altura de ola para evitar el golpeo constante de la ola con el pantoque de la embarcación, lo que indique la normativa para cumplir con el francobordo mínimo y el empacho de los distintos sistemas a lo largo de la eslora del barco.

En primera instancia se estima por regresiones el puntal de la embarcación en función de la base de datos vista anteriormente.

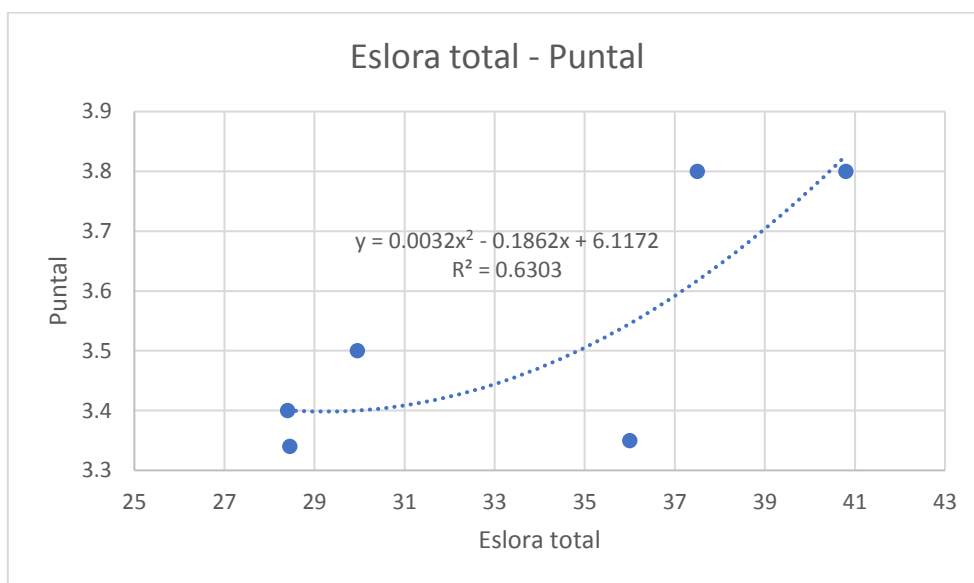
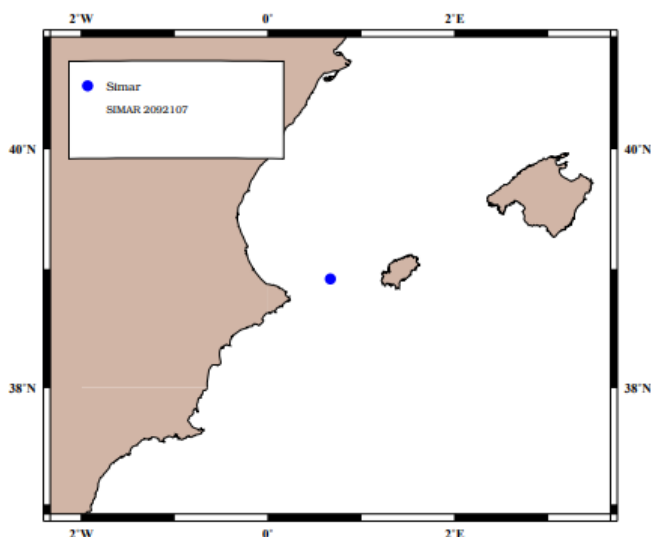


Figura 4 - Relación eslora total - puntal

Para una eslora total de 34 metros se obtiene un puntal de:

Puntal = 3.50 metros

A continuación, consultando el banco de datos oceanográficos de puertos del estado se ha seleccionado la boya SIMAR 2092107.



Nodo: SIMAR 2092107

Longitud: 0.667 E

Latitud: 38.917 N

Profundidad: indefinida

Figura 5 - Datos boya SIMAR 2092107

La serie analizada se ha llevado a cabo de enero de 1958 a mayo de 2017. De dicha serie se obtiene el gráfico de la frecuencia porcentual y la altura de ola significativa en metros.

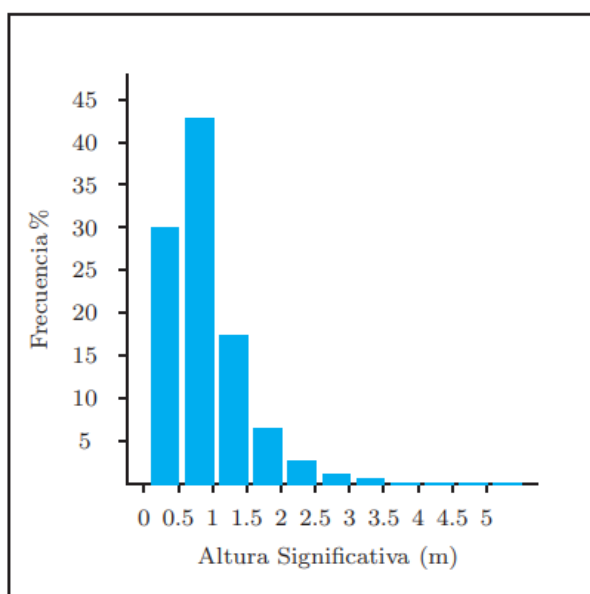


Figura 6 - Gráfica frecuencia - altura significativa

De la Figura 6 se saca en conclusión que el rango de alturas de olas significativas es entre 0.5 y 1.5 metros. Anteriormente se obtuvo 3.7 de puntal según regresiones, según el gráfico, calculando las frecuencias acumulativas de las alturas de olas significativas que sobrepasan dicho valor, es entorno a un 3 %. Traducida esta estimación a días del año, equivale a 11 días en total. Este dato no implica que la embarcación no pueda navegar, sino que, deberá disminuir la velocidad.



Sin embargo, este rango de alturas de olas significativas se agrava cuando la ola se aproxima en dirección a proa de la embarcación. Siendo WNW – NNW y SSE – ESE el rango de dirección prevaleciente durante la navegación.

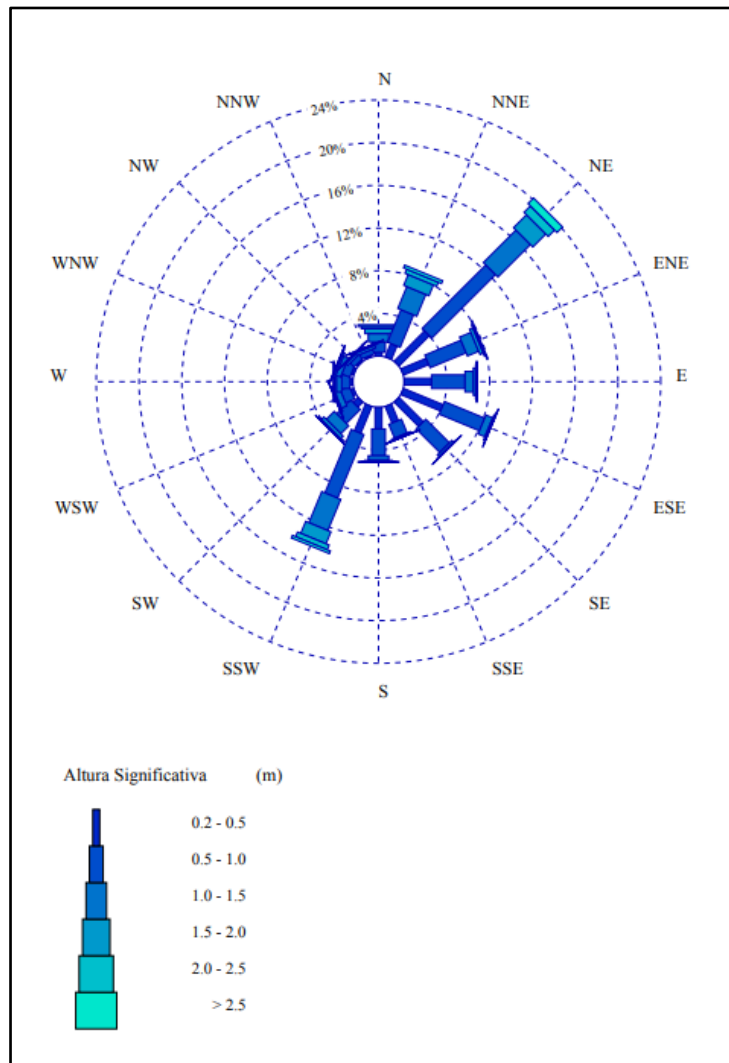


Figura 7 - Dirección prevalente del oleaje

Como se observa en la Figura 7, las direcciones prevalecientes en las mayores alturas de olas significativas se encuentran en NE y SSW, por lo que no agravan significativamente las condiciones de navegación para el puntal seleccionado.

Por último, la altura necesaria para dimensionar la cámara de máquinas, teniendo en cuenta los refuerzos, altura del motor con el polín y espacio libre por encima del motor es aproximadamente 3 metros.

Como conclusión, se da por valido el puntal de 3.7 metros calculado por regresiones.



4. DESPLAZAMIENTO

El cálculo del desplazamiento del buque se conforma del peso en rosca de éste, junto al peso muerto. Para ello, se ha estimado un croquis del buque con los servicios y equipos que se prevé que esté dotada la embarcación. La disposición se ha realizado a raíz del buque base, pero con cambios significativos debido a las exigencias de la travesía.

En la siguiente imagen se muestra la disposición que tendrá el buque a diseñar.

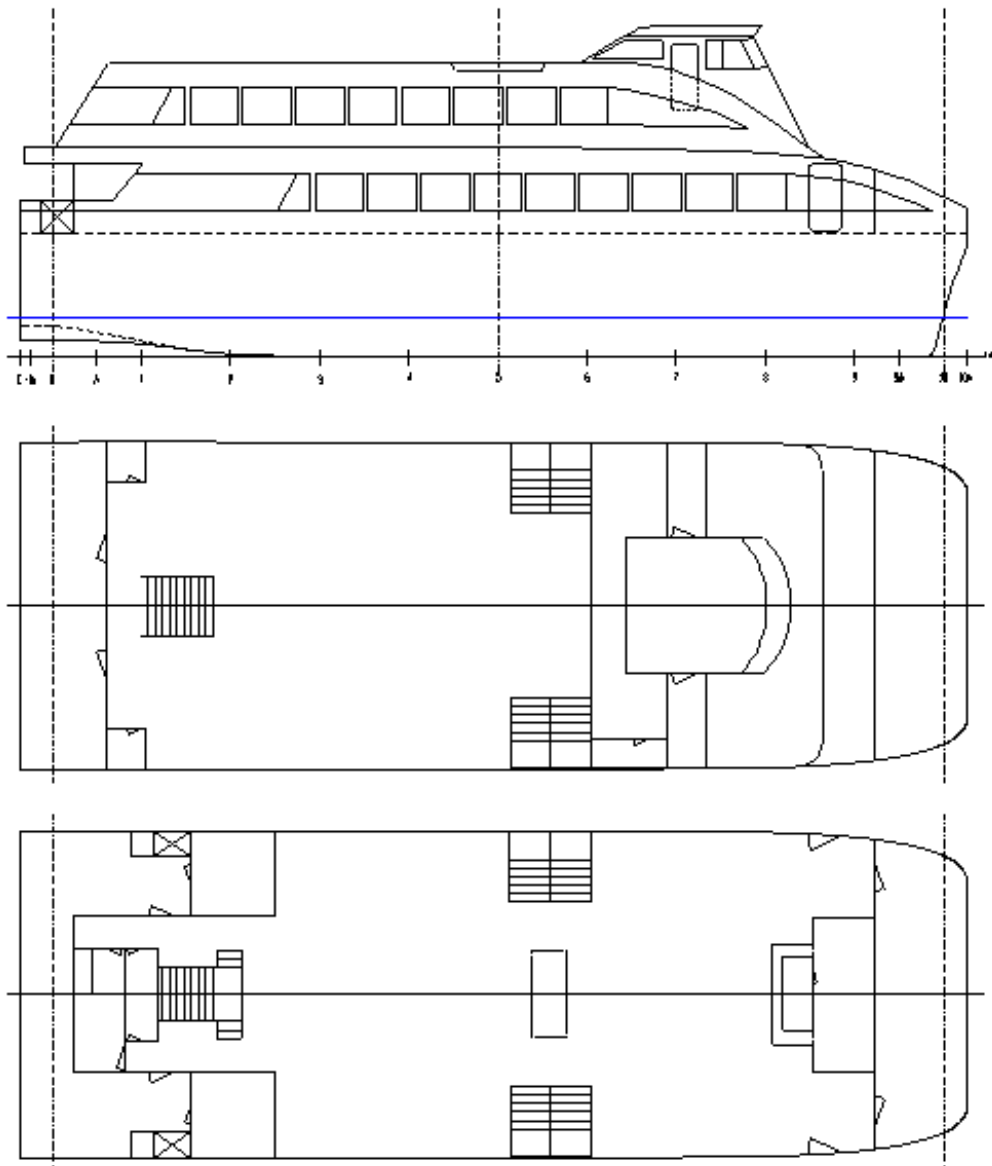


Figura 8- Disposición general preliminar

La embarcación está distribuida con dos cubiertas para el pasaje, ambas cubiertas cuentan con zonas de butacas, mesas, dos terrazas en la zona de popa y tres escaleras que conectan las dos cubiertas. En la cubierta de principal se encuentra el bar y cuatro baños, uno de ellos está diseñado para personas con movilidad reducida. La cubierta superior en cambio está dispuesta de dos baños, además se encuentra el acceso al puente de mandos. Bajo la cubierta superior se dispondrán los locales de los servos, las cámaras de máquinas, los locales de tanques, por último, dispondrá de varios pañoles.



4.1. Peso en rosca

Para el cálculo del peso en rosca de la embarcación se ha desglosado en base a tres grandes bloques. Estos tres grandes bloques son: el peso de la estructura, el peso de la maquinaria y equipos y el peso de los equipos y la habilitación.

Peso de la estructura

El peso de la estructura es el grupo con mayor incertidumbre, pues entre diferentes astilleros construyendo el mismo barco, el peso puede variar notablemente por las técnicas y materiales usados.

Para esta estimación se ha usado fibra de vidrio tipo mat y tejido de distintos gramajes dependiendo la zona estructural. La resina usada ha sido poliéster y el método empleado es manual. Por tanto, se estima un peso elevado para la estructura. Cabe destacar, que en estos momentos del proyecto, el estudio estructural es una estimación de una disposición aproximada obtenida por la sociedad de clasificación. La estructura definitiva se estudiará en el cuaderno 6.

	Qty -	S1 (m ²)	PpInch (kg)	%. refzo.	Peso (kg)	xG (m)	zG (m)
Fondo casco	2	108	1520	75	2660	16.07	0.40
Quilla	2	26	495	0	495	13.66	0.05
Doble fondo	2	50	676	75	1183	22.76	1.10
Costados	2	122	1649	65	2722	16.92	2.18
Cubierta principal	1	330	1406	60	2249	16.93	4.16
Costado cubierta principal	2	100	1356	60	2170	16.38	5.70
Cubierta superior	1	225	959	65	1582	16.44	6.91
Costado cubierta superior	2	65	881	60	1410	16.92	8.10
Techo cubierta superior	1	170	724	55	1123	18.45	9.77
Fondo tunel	1	237	1667	75	2917	16.42	2.67
Techo tunel	1	237	1610	65	2656	16.42	3.63
Espejo	2	12	163	65	268	0.00	2.23
Escalera estructurales	3		250		750	14.41	5.76
Mamparo 1	2	7	56	50	84	4.91	2.11
Mamparo 2	2	7	61	50	92	11.57	1.80
Mamparo 3	2	7	61	50	92	16.04	1.80
Mamparo 4	2	7	59	50	88	20.50	2.00
Mamparo 5	2	6	48	50	72	24.97	2.10
Mamparo 6	2	2	19	50	28	30.33	2.70
Costados puente	2	15	203	50	305	24.30	10.00
Techno puente	1	15	64	50	96	24.20	11.10
Entructura proa puente	1	11	77	30	100	26.50	9.20
Entructura popa puente	1	11	77	30	100	22.00	10.44
Incremento por solapes (10%)					2324	-	-
Otros del casco + cbta (15%)					3486	-	-
TOTAL					29053	13.44	3.19

Tabla 3 - Estimación peso de la estructura



Peso de la maquinaria y equipos

El peso de la maquinaria lo componen todos los sistemas y equipos que forman parte de la propulsión y de los servicios esenciales de la embarcación. Para el desglose de los equipos se ha tenido en cuenta los servicios existentes en el buque base pero adaptados a la capacidad que requiere el catamarán a diseñar.

En próximos cuadernos se podrá definir mejor los siguientes sistemas:

	Qty -		Peso unit. (kg)		Peso (kg)	xG (m)	zG (m)
Motores principales	2		5200		10400	9.35	1.40
Grupos electrogenos	2		1500		3000	5.60	2.35
Reductoros	2		600		1200	7.88	0.97
Linea de eje	2		540		1080	4.19	0.40
Arbotantes	2		80		160	1.86	0.68
Helice	2		170		340	1.22	0.18
Helice proa	2		50		100	29.39	0.75
Timon	2		100		200	0.55	0.80
Servo timon	2		200		400	0.90	2.72
Escapes humedos	2		150		300	7.05	2.40
Baterias de maquinas	6		50		300	4.11	1.65
Baterias de equipos	2		50		100	26.40	8.90
Sistema de achique	2		150		300	18.20	0.44
Sistema contraincendios	1		3000		3000	15.78	6.55
Grupo hidroforo	1		80		80	27.61	3.05
Sistema de ventilación	1		300		300	2.78	7.70
Equipos de amarre y fondeo Pr	1		600		600	3.25	4.00
Equipos de amarre y fondeo Pp	1		400		400	1.20	4.05
Equipos de navegación	1		700		700	25.25	10.50
Equipos de comunicaciones	1		350		350	23.00	9.60
Tanques combustibles	2		550		1100	18.64	2.22
Tecle	4		155		620	4.60	1.50
Cuadros electricos	10		70		700	3.70	3.66
Otros del pesos (10%)					2573	-	-
TOTAL					28303	8.76	2.47

Tabla 4 - Estimación peso de la maquinaria y equipos



Peso de habilitación

Los pesos que componen este grupo son todos aquellos pesos pertenecientes a la habilitación y restos de pesos que no se engloban en los dos grupos anteriores.

Donde los pesos se desglosan de la siguiente manera:

	Qty -		Peso unit. (kg)		Peso (kg)	xG (m)	zG (m)
Mobiliario cubierta principal	1		300		300	22.85	4.77
Mobiliario cubierta superior	1		100		100	13.50	7.50
Asientos cubierta principal	193		10		1834	15.88	4.65
Asientos cubierta superior	120		10		1140	11.10	7.78
Luminaria y alumbrado	1		400		400	22.50	11.40
Cocina	1		700		700	29.00	5.80
Baños	6		70		420	3.74	6.13
Aislamiento CI bajo cubierta principal	1		3150		3150	15.28	3.25
Aislamiento CI y recubrimiento costados	1		6200		6200	14.17	6.34
Aislamientos CI y recubrimientos techos	1		8500		8500	14.17	7.60
Escaleras de gato	14		35		490	17.00	2.84
Ventanas cubierta principal	18		30		540	18.30	5.65
Ventanas cubierta superior	18		30		540	14.20	8.43
Puertas anti-incendios	13		100		1300	18.23	5.36
Varandillado	1		180		180	11.60	5.90
Equipos de salvamento	4		500		2000	25.90	8.00
Otros pesos (10%)					2779	-	-
TOTAL					30573	14.42	5.82

Tabla 5 - Estimación peso de la habilitación

Finalmente, el peso en rosca total es:

	Peso (kg)	xG (m)	zG (m)
Peso estructura	29053	13.44	3.19
Peso maquinaria y equipos	28303	8.76	2.47
Peso habilitación	30573	14.42	5.82
PESO EN ROSCA	87928	12.27	3.87

Tabla 6 - Estimación pesos totales

Analizando los pesos por grupos, y partiendo de la premisa que para una embarcación de estas características el desglose de pesos por cada grupo es aproximadamente un tercio del peso en rosca total. Se llega a la conclusión que se ha hecho un cálculo bastante aproximado a la realidad.



4.2. Peso muerto

El peso muerto del catamarán se compone principalmente de consumos, víveres y tripulación y pasaje.

Consumos

En la partida de consumos se va a calcular el combustible necesario para la autonomía fijada en el proyecto. El aceite y el agua dulce se calculará en base a la lógica para la optimización de la logística del mismo.

El combustible se ha calculado en referencia al motor utilizado por el buque base, ya que las características de los motores de proyecto a desarrollar serán de magnitud similar.

El propulsor se trata de un motor marca Cummins con una potencia de 1600 HP a 1800 RPM. En la siguiente grafica se puede ver la potencia en función de las revoluciones.

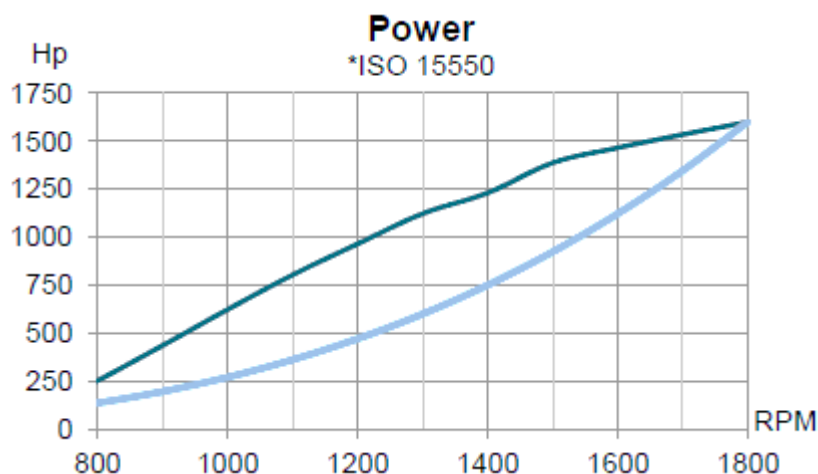


Figura 9 - Estimación potencia del propulsor

En navegación el motor trabaja a un régimen del 85% de su potencia, por lo cual, opera a una potencia de 1360 HP, observando la gráfica, se verifica que el motor puede trabajar a una potencia 1360 HP a 1800 RPM.

Para las revoluciones máximas, según la curva de consumos del motor que se muestra a continuación, el motor consume aproximadamente 300 litros de combustible por hora.

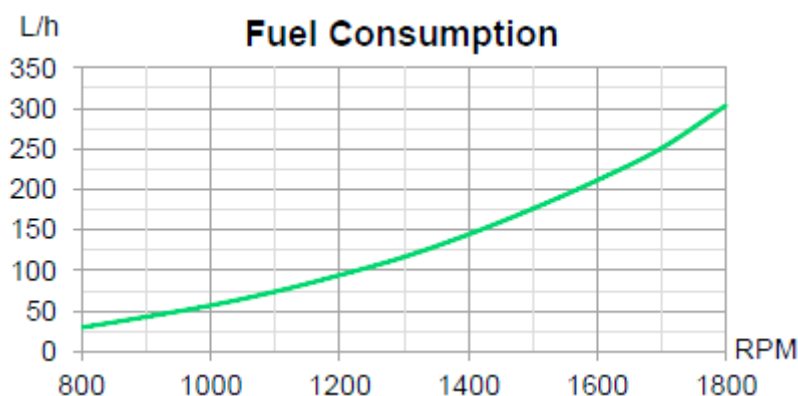


Figura 10 - Estimación consumo del propulsor



Para 450 millas, que es la autonomía marcada y a una velocidad crucero de 24 nudos, corresponde a 18 horas con 45 minutos de navegación, Lo que significa un consumo de 5475 litros de combustible para cada motor. Transformando este volumen a masa, supone 4.654 toneladas de consumo por motor, sumado además un 10% de reserva.

Finalmente, para los dos motores, se obtiene un peso de 9.31 toneladas de combustible para el motor principal.

El consumo de los generadores eléctricos, también se referencia respecto al buque base. El catamarán dispondrá de dos generadores eléctricos, uno de ellos en servicio y el otro de emergencia. A falta de conocer los consumos eléctricos del barco, se estima que la embarcación consumirá 100 kW, cuyo principal consumo es el sistema de aire acondicionado.

Para un consumo en un régimen cómodo para el generador, según datos del fabricante, el generador consume 27.27 litros cada hora para un régimen del 75%. Por lo cual, para la autonomía fijada, junto a un 10% adicional de reserva, esto hace un consumo de 510 litros que equivale a 0.44 toneladas aproximadamente.

La hélice de maniobra consume aproximadamente 100 litros.

Esto hace, que el catamarán necesite aproximadamente 9.75 toneladas de combustible.

En cuanto al consumo de aceite del buque, se contabilizará únicamente el consumo de repuesto, pues el aceite que necesita cada sistema para su funcionamiento viene intrínseco en el peso en rosca. El ciclo propuesto para el cambio de aceite es de una vez cada dos trayectos, lo que hace un total de 151 litros para cada motor y 19.39 litros para cada generador. Por lo tanto, el aceite necesario es de 340 litros, siendo 315 kilogramos.

El cálculo de agua dulce se hace en base a la cantidad agua que consume cada pasajero por viaje. Se estima que por cada viaje un pasajero consume un litro de agua, además de lo que consume el servicio de bar. La cantidad de agua dulce es de 1600 litros.

	Qty -	Peso unit. (kg)	Peso (kg)	xG (m)	zG (m)
Combustible	1	9750	9750	19.15	1.96
Aceite	1	315	315	11.11	0.98
Agua dulce	1	1600	1600	27.67	2.29
TOTAL			11665	20.10	1.98

Tabla 7 - Estimación pesos consumibles líquidos

Víveres

En este tipo de embarcación, los víveres son un peso menor. Principalmente la cocina y el servicio de bar es el que tiene mayor peso en el conjunto del barco.

	Qty -	Peso unit. (kg)	Peso (kg)	xG (m)	zG (m)
Material cocina	1	150	100	29.60	5.26
Provisiones	1	1000	800	27.80	5.26
Petuchos	1	500	400	2.30	4.94
TOTAL			1650	20.24	5.16

Tabla 8 - Estimación pesos víveres



Tripulación y pasaje

En este grupo de pesos, se hace referencia al peso tanto de los pasajeros como de la tripulación, según la sociedad de clasificación el peso de cada persona es de 75 kilogramos y el del equipaje se estima un peso de 25 kilogramos por pasajero.

La tripulación en periodos de alta afluencia estará formada por 10 personas, 3 en el puente de mando, 3 en la cocina y el bar y los otros 4 restantes atendiendo al pasaje.

	Qty -	Peso unit. (kg)	Peso (kg)	xG (m)	zG (m)
Tripulación	10	75	750	19.09	6.50
Pasaje	300	75	22500	14.00	5.55
Equipaje	310	25	7750	14.00	5.05
TOTAL			31000	14.12	5.45

Tabla 9 - Estimación pesos tripulación y pasaje

Con el conjunto de todos estos pesos, obtenemos el peso muerto de la embarcación, siendo:

	Peso (kg)	xG (m)	zG (m)
Peso consumos	11665	20.10	1.98
Peso víveres	1650	20.24	5.16
Peso tripulación y pasaje	31000	14.12	5.45
PESO MUERTO	44315	15.92	4.52

Tabla 10 - Estimación peso muerto

4.3. Desplazamiento de diseño

Con lo calculado anteriormente, se obtiene un desplazamiento máximo de la suma del peso en rosca y del peso muerto.

	Peso (kg)	xG (m)	zG (m)
Peso en rosca	87928	19.09	6.50
Peso muerto	44315	14.00	5.55
DESPLAZAMIENTO	132243	14.12	5.45

Tabla 11 - Estimación desplazamiento de diseño

Con este desplazamiento de 132.243 toneladas se comprueban con las formas del buque el calado de diseño que finalmente se obtiene. Las formas de la embarcación serán explicadas en el siguiente cuaderno.

El calado resultante es 1.195 metros, siendo este calado de diseño como el más fiable y por tanto será el nuevo calado de diseño.



5. RESUMEN

Como resumen de los distintos puntos que se han estudiado a lo largo de este cuaderno, se plasma en la tabla 12 los datos obtenidos.

Eslora total (m)	34.00
Manga (m)	9.87
Manga patín (m)	3.00
Calado (m)	1.195
Puntal (m)	3.70
Desplazamiento (tn)	132.24

Tabla 12 - Resumen dimensiones principales



6. BIBLIOGRAFIA

1. Puertos del Estado: "Banco de datos oceanográficos de Puertos del Estado", obtenido de:
<https://puertos.es>
2. Salas Marcos, K. Sahoo Prastana, Luco Richard: "Avances en la estimación de la resistencia de catamaranes". Cartagena (Colombia) julio 2008.
3. M.Insel, A.F. Molland: "An investigation into the resistance components of high-speed displacement catamarans (1992).
4. A.F. Molland, J.F. Wellicome, P.R. Couser: "Resistance Experiments on a Systematic Series of High-Speed Displacement Catamaran Forms: Variation of Length-Displacement Ratio and Breadth-Draught Ratio". Marzo 1994.
5. Nabila Naz, Md. Mashud Karim: "Investigation of Hydrodynamic Characteristics of High-Speed Multihull Vessels including Shallow Water Effect". Bangladesh 2016.
6. Shanhraki Rafie Jalal: "The Influence of Hull Form on the Slamming Behaviour of Large High-Speed Catamarans". Enero 2014.
7. H.B. Moraes, J.M. Vasconcellos, R.G. Latorre: "Wave resistance for high-speed catamarans". Marzo 2004.
8. Datos de embarcaciones del Astillero Rodman, obtenido de:
<http://rodman.es>
9. Datos de embarcaciones del Astillero Gondan, obtenido de:
<http://gondan.es>
10. Datos de embarcaciones del Astillero Brødrene AA, obtenido de:
<http://braa.no>
11. Datos del fabricante de motores Cummins. Obtenido de:
<http://cumminseurope.com>

CUADERNO 3

DISEÑO DE FORMAS



Autor: Luis Rodríguez Ramos

Tutor: Leandro Ruiz Peñalver



INDICE

1. Especificaciones.....	1
2. Introducción	2
3. Coeficientes hidrodinámicos	3
3.1. Relación l/b	3
3.2. Coeficiente prismático	3
3.3. Coeficiente de la maestra.....	4
3.4. Coeficiente de bloque	4
3.5. Posición l_{cb}	4
4. Análisis de formas	5
4.1. Cuerpo central.....	5
4.2. Proa	5
4.3. Popa.....	5
4.4. Spray.....	8
5. Curva de areas	10
6. Plano de formas	11
7. Bibliografía	12



INDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Formas buque base 3

Figura 2 - Formas buque proyecto 3

Figura 3 - Altura entre bóveda y flotación 6

Figura 4 - Huelgos hélice 6

Figura 5 - Huelgos hélice II 7

Figura 6 - Formas carena I 8

Figura 7 - Formas carena II 8

Figura 8 - Formas carena III 9

Figura 9 - Curvas de área 10

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 - Comparación de coeficientes hidrodinámicos 4

Tabla 2 - Huelgos hélice 6



1. ESPECIFICACIONES

- Clasificación: Lloyds Register
- Pasajeros: 300
- Velocidad crucero: 24 nudos
- Autonomía: 450 millas náuticas
- Material constructivo: GRP
- Aspectos adicionales: Estudio por elementos finitos de los elementos estructurales más importantes.



2. INTRODUCCION

En este cuaderno se centra en el diseño y la optimización de las formas de la embarcación partiendo de las dimensiones principales calculadas en el anterior cuaderno.

Dado la peculiaridad del buque y la escasa información libre que está disponible para este tipo de buques. Para el diseño de las formas de la embarcación se adapta el buque base a otras formas que se cree que puede tener un mayor rendimiento hidrodinámico para el régimen de navegación al que se somete. Para ello, se toman varios estudios para catamaranes de alta velocidad con el fin de optimizar los coeficientes hidrodinámicos.

A lo largo del cuaderno se definirá la lógica seguida para el diseño de la embarcación y la explicación de cada uno de los coeficientes hidrodinámicos expuestos.



3. COEFICIENTES HIDRODINAMICOS

Para la obtención de los coeficientes de formas de las embarcaciones se precisa de formas estándar o una amplia base de datos. En el caso de estos catamaranes de pasaje de alta velocidad fabricados en PRFV, las formas no son estándar pues depende de los astilleros de construcción y la base de datos es escasa como se ha podido comprobar en explicaciones previas. A falta de estos datos, los coeficientes serán obtenidos mediante las formas del buque base y las formas adaptadas al buque de proyecto.

Los cambios más significativos que se han llevado a cabo es el alargamiento del cuerpo cilíndrico, las formas de proa y los sprays.

En la figura 1 y figura 2 se puede ver las diferencias de las dos carenas:

Buque base:



Figura 1 - Formas buque base

Buque proyecto:



Figura 2 - Formas buque proyecto

3.1. Relación L/B

Para embarcaciones con F_n altos, cuyas características son embarcaciones de alta velocidad de desplazamiento, la resistencia que predomina es por formación de olas. Para disminuir esta resistencia se tiende a mayores coeficientes L/B que el cual se consigue aumentando la eslora. En la tabla 1 se puede ver que el aumento de eslora se traduce en un aumento de la relación L/B.

3.2. Coeficiente prismático

El coeficiente prismático para F_n altos se suele traducir en formas finas y de bajo coeficiente de bloque. En este tipo de embarcaciones si se aumenta el coeficiente prismático, conlleva un aumento de la resistencia al avance, en ciertas ocasiones aumentar este coeficiente y debido al



efecto diamante se consigue una disminución de la resistencia, pero para la embarcación a diseñar, no se dan las condiciones para dicho efecto.

El aumento de coeficiente prismático entre del modelo a diseñar respecto al buque base se justifica principalmente por el cambio ligero de formas. Este cambio consiste en un alargamiento del cuerpo cilíndrico y una reducción de las formas de proa. Se observa que el aumento del cuerpo cilíndrico tiene un peso mayor que la disminución de las formas de proa

3.3. Coeficiente de la maestra

Los coeficientes de la maestra en ambas carenas son similares, pues la formas principalmente se han modificado en los extremos de la embarcación y sobre la línea de agua. Por consiguiente, el coeficiente de la maestra apenas varia.

3.4. Coeficiente de bloque

El coeficiente de bloque es directamente proporcional al coeficiente de la maestra y al coeficiente prismático, al mantener el coeficiente de la maestra y al aumentar el coeficiente prismático, se produce un aumento a en el coeficiente de bloque a razón del prismático.

3.5. Posición LCB

LCB se refiere a la posición longitudinal del centro de carena, si el centro de carena se encuentra muy a proa de la sección media, la resistencia al avance se incrementa. Para el caso del modelo a diseñar se aprecia como el LCB está a 46.95 % de la perpendicular de popa. Por tanto, el centro de carena se encuentra a popa de la sección media, no perjudicando la resistencia de la embarcación.

Siendo los coeficientes obtenidos los siguiente:

Coeficientes	Buque base	Buque proyecto
Relación L/B	12.12	12.32
Coef. Prismático	0.739	0.777
Coef. Maestra	0.857	0.847
Coef. Bloque	0.633	0.655
Lcb (%)	45.25	46.93

Tabla 1 - Comparación de coeficientes hidrodinámicos



4. ANALISIS DE FORMAS

4.1. Cuerpo central

Los cascos del cuerpo central están definidos por formas en U, dichas formas son óptimas cuando se requiere un gran desplazamiento y permiten una disminución de calado. Una de las particularidades que presentan los catamaranes son los bajos calados que tienen los cascos.

Otra de las ventajas de las formas en U, es la magnífica resistencia que presenta al movimiento de arfada. En los buques de pasaje estos movimientos verticales tienen que ser reducidos al máximo, pues la causa que produce los mayores efectos indeseables para las personas como, por ejemplo, el mareo.

4.2. Proa

La forma de proa de un barco es quizás el punto más importante en el diseño inicial de formas, de estas formas depende la buena transición del flujo del agua a lo largo de toda la eslora.

La entrada del flujo de agua se inicia sobre un perfil cilíndrico de bajo radio y de sección en forma de U. Las secciones en U incrementan el movimiento cabeceo para olas cortas, pero disminuye la frecuencia de cabeceo.

La disminución del cabeceo es muy importante en los catamaranes, por dos motivos, el primero porque disminuye el exceso de presión en el fondo de planchas y el segundo porque reduce el estrés de la estructura principal y en la plataforma de unión debido a vibraciones o como se conoce por el fenómeno whipping. El termino whipping hace referencia a la flexión periódica que se produce tanto en dirección vertical como horizontal. Si los dos cascos no están sincronizados, produciría un incremento en los movimientos torsionales del catamarán.

Otro efecto que no hay que olvidar es el efecto de la proa lanzada, la proa lanzada aumenta el abanico de proa, que es una especificación importante para la reducción del embarque de agua y los rociones. La proa lanzada también tiene un efecto en la flotación y se traduce en una pequeña inmersión de la proa que a la vez equilibra ligeramente el trimado.

4.3. Popa

Como ya se ha comentado anteriormente, en estas embarcaciones es fundamental navegar a un trimado lo más próximo a 0 posible. Por eso las popas de los cascos deben tener el mayor volumen posible. En la carena diseñada, siguiendo el patrón del buque base, se ha dispuesto con formas suaves y siguiendo la extensión del cuerpo cilíndrico con una ligera pendiente hasta acabar en una bóveda para albergar las hélices y los timones como se puede ver la sección longitudinal por crujía en la Figura 3.

A bóveda de popa se le ha dado una altura de unos 400 mm aproximadamente hasta la flotación en el punto más cercano. Esta altura es de diseño, por lo que se le ha dado cierto margen de error para evitar problemas de cavitación y vibraciones en la hélice.

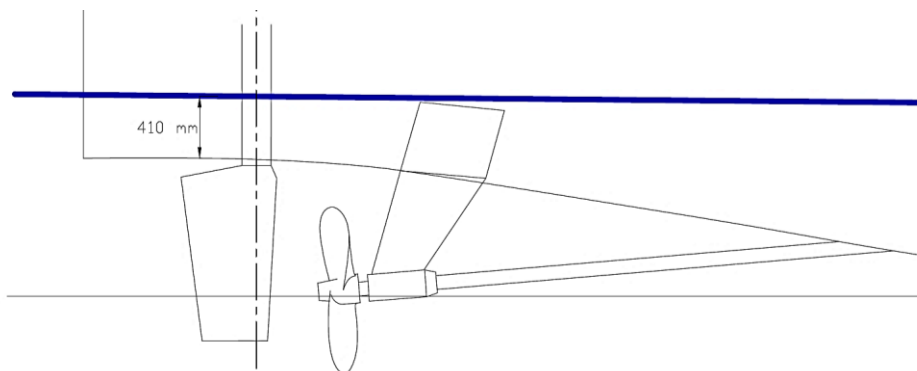


Figura 3 - Altura entre bóveda y flotación

Las hélices deben tener siempre el máximo diámetro posible a vista del rendimiento, pero ello comprometería sustancialmente a las formas del casco, por eso, hay que llegar a un compromiso entre ambos. A falta de estudiar los componentes propulsivos, se usarán las medidas buque base. Cuyos diámetros son de 1.1 metros y el número de palas es 5.

A continuación, se van a justificar los huelgos de las hélices por el reglamento del 'Special Service Craft' del Lloyds Register en la Parte 3, Capítulo 3, Sección 3.

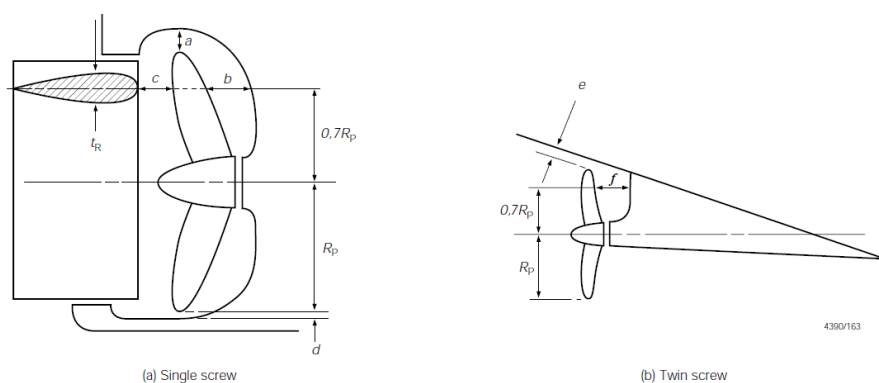


Figura 4 - Huelgos hélice

Number of Blades	Hull clearances for single screw, in metres, see Fig. 3.3.8 (a)				Hull clearances for twin screw, in metres, see Fig. 3.3.8 (b)	
	a	b	c	d	e	f
3	1,20Kδ	1,80Kδ	0,12δ	0,03δ	1,20Kδ	1,20Kδ
4	1,00Kδ	1,50Kδ	0,12δ	0,03δ	1,00Kδ	1,20Kδ
5	0,85Kδ	1,275Kδ	0,12δ	0,03δ	0,85Kδ	0,85Kδ
6	0,75Kδ	1,125Kδ	0,12δ	0,03δ	0,75Kδ	0,75Kδ
Minimum value	0,10δ	0,15δ	t _R	-	3 and 4 blades, 0,20δ 5 and 6 blades, 0,16δ	0,15δ
Symbols						
L _R and C _b as defined in Ch 1.6.1				t _R = thickness of rudder, in metres measured at 0,7R _p above the shaft centreline		
K = $\left(0,1 + \frac{L_R}{3050}\right)\left(\frac{3,48 C_b P_s}{L_R^2} + 0,3\right)$				P _s = designed power on one shaft, in kW		
				R _p = propeller radius, in metres		
				δ = propeller diameter, in metres		
NOTE The above recommended minimum clearances also apply to semi-spade type rudders.						

Tabla 2 - Huelgos hélice



Como se ve en la Figura 5, el modelo a diseñar no corresponde con los modelos del reglamento de la Figura 4. Por tanto, las dimensiones a, b, d y f no se tendrán en cuenta.

Huelgos de la hélice recomendable

- Distancia c recomendable = $0.12 \times \delta$

*Donde, δ = Diámetro de la hélice en metros = 1.1 metros

$$c = 0.12 \times 1.1$$

$$c = 0.132 \text{ metros}$$

Hay que destacar que estos valores son recomendables, al considerarlo un valor demasiado pequeño se aumenta a 0.310 metros. Algo menos del valor del buque base que tiene una distancia de 0.360 metros.

- Distancia e recomendable = $0.85 \times K\delta$

*Donde, δ = Diámetro de la hélice en metros = 1.1 metros.

$$K = \left(0.1 + \frac{L_R}{3050}\right) \left(\frac{3.48 C_B P_s}{L_R^2} + 0.3\right) = 0.31.$$

L_R = Es la eslora de las reglas entre el 96% y 97% de la eslora de la flotación para el calado de verano = 32.00 metros.

C_B = Coeficiente de bloque a la eslora de las reglas = 0.563.

P_s = Potencia de diseño de un eje en kW. La potencia de un eje será obtenida por la potencia en HP del buque base, y multiplicado por el rendimiento mecánico= 1315.16 kW.

$$e = 0.85 \times 0.31 \times 1.1$$

$$e = 0.291 \text{ metros}$$

Los huelgos de la hélice se muestran en la siguiente Figura xx:

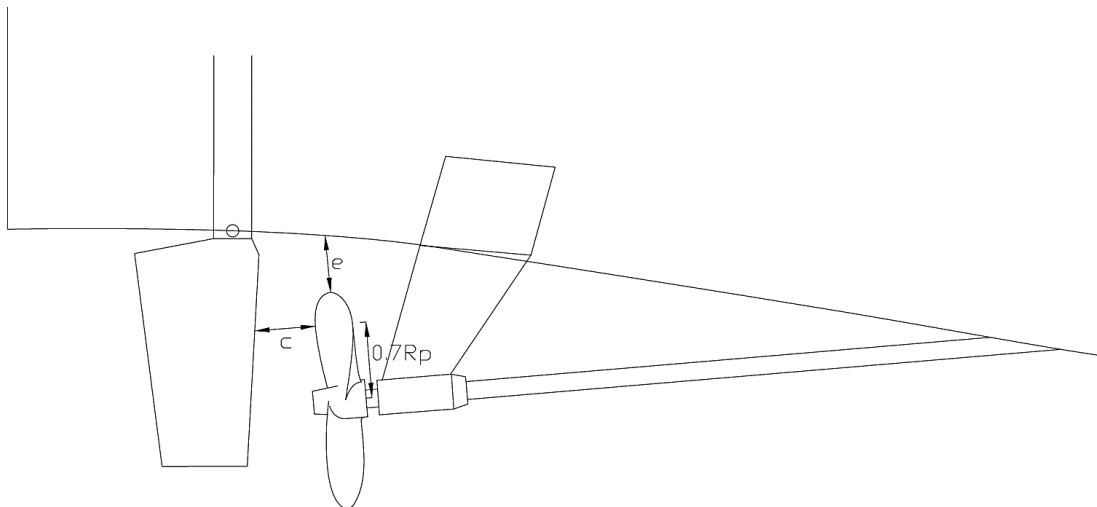


Figura 5 - Huelgos hélice II



4.4. Spray

Los sprays que dispone la carena están situados a pocos centímetros sobre la flotación desde la zona de popa hasta algo más de la cuaderna maestra donde empieza a elevarse hasta llegar a su punto más alto en proa. Estos sprays tienen dos funciones principales, la primera de ellas consiste en evacuar el agua que sube por el casco, reduciendo notablemente la resistencia de la embarcación. La segunda función se encuentra en la zona de popa. Este tipo de embarcaciones tanto por distribución de pesos como por la influencia de la potencia, tienen a un trimado apopante. La embarcación para alcanzar el planeo lo antes posible es conveniente que se encuentre lo más próximo a trimado 0. Los sprays de popa al sumergirse actúan como sustentadores, lo que produce efecto similar al de los flaps y reduce el ángulo de trimado.

Finalmente, las formas del catamarán se aprecian en las siguientes figuras:



Figura 6 - Formas carena I

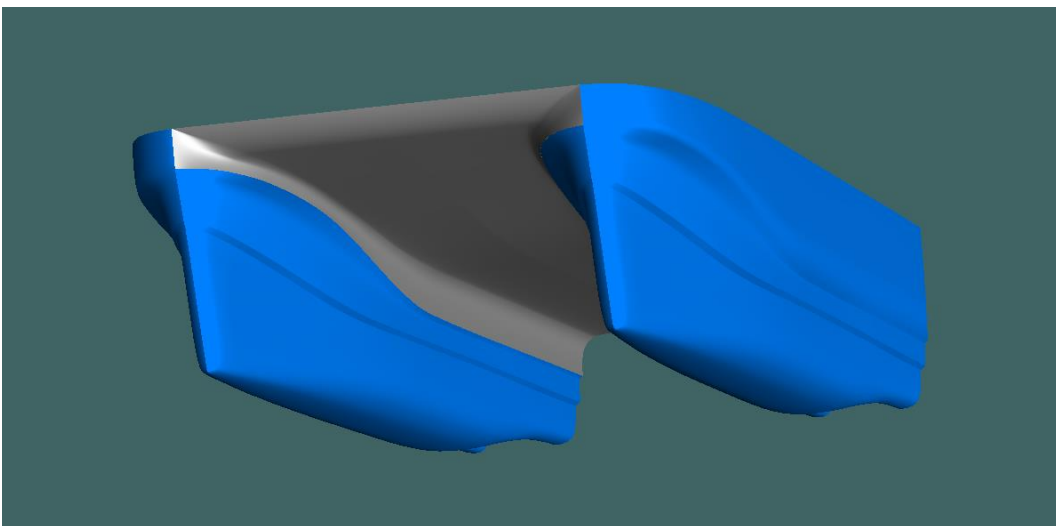


Figura 7 - Formas carena II

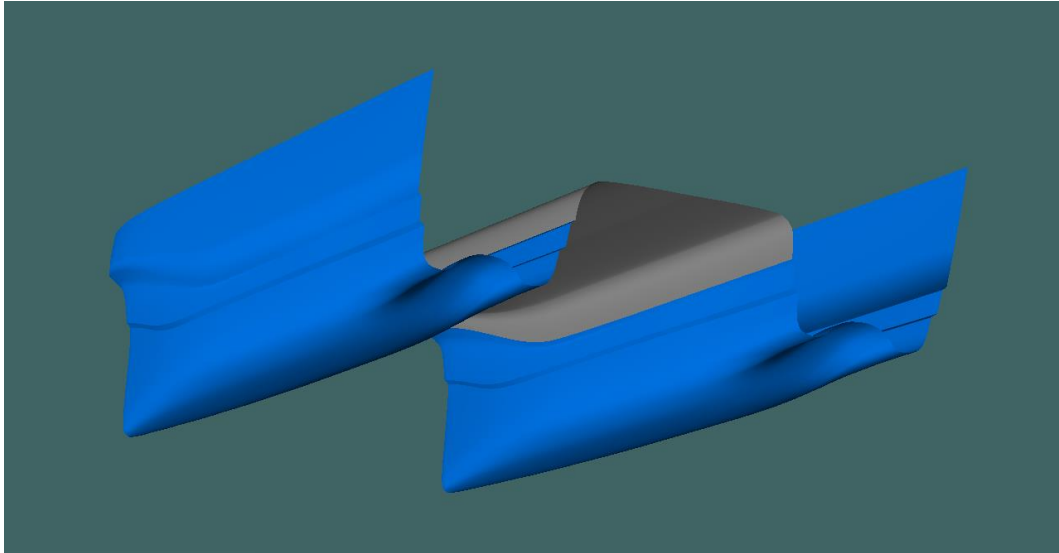


Figura 8 - Formas carena III

Cabe destacar que la obtención de estas formas ha sido un proceso iterativo entre los programas de diseño Maxsurf Modeler y Prosurf. Cuyo resultado ha sido la definición de unas formas suaves y alisadas.



5. CURVA DE AREAS

La curva de área o curva de Bonjean representa la distribución longitudinal del área sumergida de la embarcación, la Figura 9 representa la curva de Bonjean para los dos cascos del catamarán con el calado de diseño de 1.195 m a trimado 0.

A través de esta curva es posible hacer un estudio inicial del comportamiento tanto hidrostático como hidrodinámico y encontrar errores iniciales de diseño.

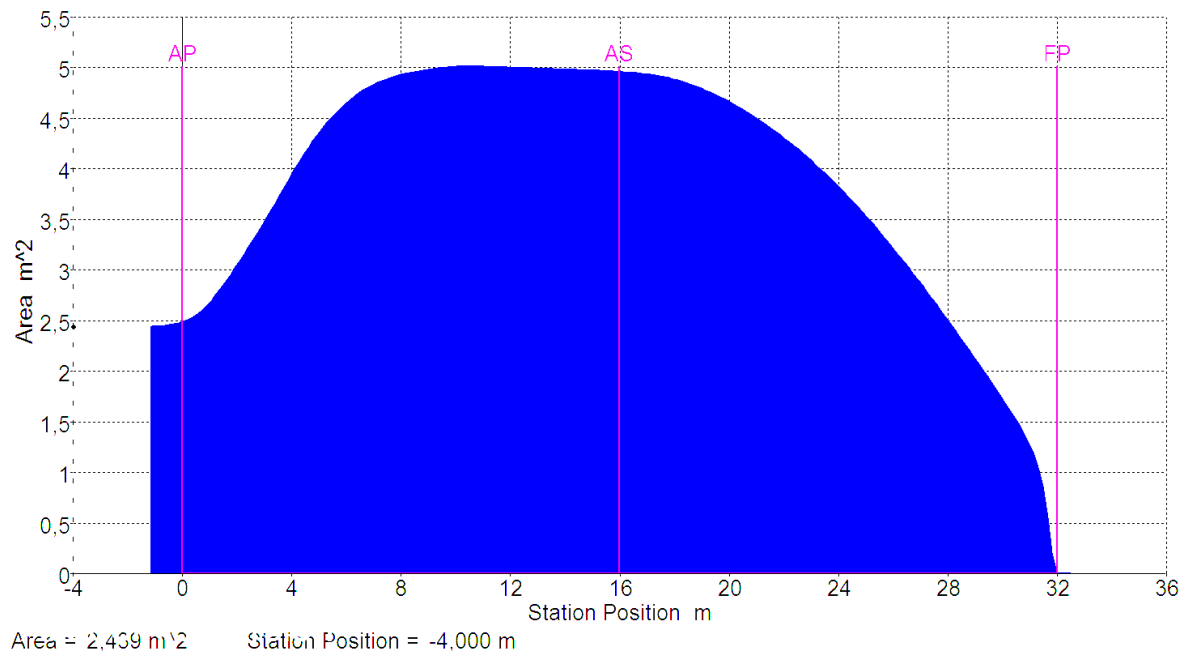


Figura 9 - Curvas de área

En la curva de áreas se puede apreciar el perfil del espejo a la izquierda del gráfico, que avanza con una gran pendiente hasta el primer hombro. Se tiene que tener claro, que esta pendiente no produce desprendimiento del flujo y como consecuencia la ruptura de la capa límite, generando un aumento de resistencia por presión de origen viscoso, pues los contados tienen dimensiones similares a la cuaderna maestra, dicha pendiente se debe a la reducción del volumen en el fondo de la embarcación para albergar la bóveda de la hélice y el timón.

También se observa como el centro de flotación se encuentra a popa de la perpendicular media tan y como se comentó en el apartado de coeficientes hidrodinámicos.

Siguiendo la curva, se aprecia como el hombro de proa es bastante más suave que el hombro de popa, continuando a proa se puede ver como se agudiza la pendiente de bajada coincidiendo con la roda.

Por lo general se tienen formas finas y cuidadas, siendo las de proa las propias de una embarcación de formas redondas y terminando en popa con un espejo, el cual, permite tener un desprendimiento del flujo controlado.



6. PLANO DE FORMAS

La ejecución del plano de forma para un catamarán se ha llevado a cabo de manera algo diferente a la de un barco monocasco.

En primer lugar, el origen de referencia será el resultante de la intersección de los tres planos por crujía y la perpendicular de popa. El sentido seguido es el siguiente:

- Eje OX longitudinal: sentido positivo de popa a proa
- Eje OY transversal: sentido positivo de estribor a babor
- Eje OZ vertical: sentido positivo de quilla a cubierta

La distribución de la caja de cuadernas es la típica que cualquier barco común de las mismas dimensiones, se ha dividido en diez secciones con una separación de 3.2 metros entre cuadernas y en los entremos se ha complementado con dos cuadernas intermedias en cada uno de los lados.

Las líneas de aguas también siguen una distribución común de cualquier plano, dividiéndose en seis líneas de aguas desde la línea base a la flotación y además cuatro líneas de agua adicionales hasta llegar al costado superior de la embarcación.

Los longitudinales han sido la diferencia más acentuada en este plano de formas, pues, los cascos no son del todo simétrico entre el costado de estribor y babor. Esto se debe a la unión de la plataforma del catamarán. Así pues, se ha dividido en cinco longitudinales desde un costado exterior hasta la crujía de la embarcación.

Además, se ha querido destacar el trazado los codillos de los cascos como se puede apreciar en los planos longitudinal y vertical. Por último, la cubierta está trazada a la altura del puntal de diseño desde la línea base.

El plano de formas se puede encontrar en la documentación adjuntada.



7. BIBLIOGRAFIA

1. Salas Marcos, K. Sahoo Prastana, Luco Richard: "Avances en la estimación de la resistencia de catamaranes". Cartagena (Colombia) julio 2008.
2. M.Insel, A.F. Molland: "An investigation into the resistance components of high-speed displacement catamarans (1992).
3. A.F. Molland, J.F. Wellicome, P.R. Couser: "Resistance Experiments on a Systematic Series of High-Speed Displacement Catamaran Forms: Variation of Length-Displacement Ratio and Breadth-Draught Ratio". Marzo 1994.
4. Nabila Naz, Md. Mashud Karim: "Investigation of Hydrodynamic Characteristics of High-Speed Multihull Vessels including Shallow Water Effect". Bangladesh 2016.
5. Shanhraki Rafie Jalal: "The Influence of Hull Form on the Slamming Behaviour of Large High-Speed Catamarans". Enero 2014.
6. H.B. Moraes, J.M. Vasconcellos, R.G. Latorre: "Wave resistance for high-speed catamarans". Marzo 2004.
7. Alonso Pardo Bienvenido "Apuntes Hidrodinámica Naval y Avanzada" Universidad Politécnica de Cartagena (2019).
8. Lloyd's Register: "Rules and Regulations for the Classification of Special Service Craft". Julio 2019.

CUADERNO 4

DISPOSICION GENERAL



Autor: Luis Rodríguez Ramos

Tutor: Leandro Ruiz Peñalver



INDICE

1. Especificaciones.....	1
2. Introducción	2
3. Estructura del casco	3
3.1. Doble fondo.....	3
3.2. Clara de cuaderna	3
3.3. Clara de bulárcamas	4
3.4. Clara de refuerzos longitudinales.....	4
3.5. Disposición de mamparos estancos	6
3.6. Pique de proa.....	6
3.7. Cámara de máquinas.....	7
3.8. Resumen de mamparos.....	8
4. Espacios del buque.....	9
4.1. Local del servo-timón	9
4.2. Cámara de maquinas.....	9
4.3. Pañoles intermedios.....	9
4.4. Pique de proa	9
4.5. Túnel central.....	10
4.6. Salones	10
4.7. Aseos	10
4.8. Zona de equipajes	11
4.9. Cocina	11
4.10. Módulo de tripulación.....	11
4.11. Puente de gobierno.....	11
5. Tanques	11
5.1. Tanques de combustible	12



5.2. Tanques de agua dulce.....	12
5.3. Tanque de aguas negras.....	13
5.4. Tanque de aceite hidráulico	14
5.5. Resumen.....	14
6. Salvamento y contra incendios	15
6.1. Dispositivos y medios de salvamento	15
6.2. Sistemas contra incendios.....	15
7. Amarre y fondeo	16
8. Croquis de la disposicion general final	17
9. Bibliografia	20
ANEXOS	21
ANEXO 1 – Características de los tanques	



INDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Esquema Inboard y Outboard.....	4
Figura 2 - Disposición de los tanques.....	14
Figura 3 - Cubierta principal	17
Figura 4 - Cubierta principal proa.....	17
Figura 5 - Cubierta principal baños	18
Figura 6 - Cubierta principal popa.....	18
Figura 7 - cubierta superior.....	19
Figura 8 - Puente de navegación	19

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 - Número de mamparos por la sociedad de clasificación.....	6
Tabla 2 - Distancia del mamparo de colisión	7
Tabla 3 - Tanque F.O. babor	12
Tabla 4 - Tanque F.O. estribor.....	12
Tabla 5 - Tanque agua dulce babor	12
Tabla 6 - Tanque agua dulce estribor.....	12
Tabla 7 - Tanque aguas negras popa.....	13
Tabla 8 - Tanque aguas negras proa.....	14
Tabla 9 - Tanque aceite babor.....	14
Tabla 10 - Tanque aceite estribor	14



1. ESPECIFICACIONES

- Clasificación: Lloyds Register
- Pasajeros: 300
- Velocidad crucero: 24 nudos
- Autonomía: 450 millas náuticas
- Material constructivo: GRP
- Aspectos adicionales: Estudio por elementos finitos de los elementos estructurales más importantes.



2. INTRODUCCION

En el siguiente cuaderno se muestra el desarrollo de la disposición general del buque. Para la distribución de la disposición general se ha tenido en cuenta los requisitos del proyecto.

Como primer punto a destacar, se debe tener en cuenta el reglamento de la sociedad de clasificación, como el resto de los reglamentos involucrados en el diseño del buque, a fin de diseñar un buque viable con los reglamentos existentes.

Como segundo punto de los requisitos, se debe estudiar la distribución del pasaje y los servicios a bordo que dispone la embarcación. Este punto es fundamental para la comodidad y el confort del pasaje, y es aquí donde se marca gran diferencia con la satisfacción de pasaje. Además, una distribución optima permite un mejor comportamiento del buque en la mar, siendo esto un factor clave para mejorar la satisfacción del pasaje y la navegabilidad de la embarcación.

La autonomía y la velocidad de la embarcación son factores fundamentales en la disposición general de la embarcación. Teniendo en cuenta estos requisitos desde el inicio del proyecto se consigue una cámara de máquinas bien dimensionada, la capacidad de los tanques de combustible necesaria y el posicionamiento de los mismo.

Además de lo descrito anteriormente, se debe tener en cuenta el material en que se va a fabricar la embarcación. Se ha de tener en cuenta el peso del material, el empacho de los refuerzos como de la plancha y las formas que permiten los métodos de fabricación en fibra de vidrio.

No obstante, la disposición general de la embarcación se ajusta a lo largo de todo el proyecto, convirtiéndose este cuaderno en un buen ejemplo de espiral de diseño.



3. ESTRUCTURA DEL CASCO

En este apartado se detallará la disposición de la estructura de la embarcación según la Normativa y Regulaciones para la Clasificación de Naves de Servicios Especiales de julio de 2019 del Lloyd's Register.

3.1. Doble fondo

Aplicando el código de alta velocidad, se verifica que la embarcación debe tener doble fondo, pero no se da una altura mínima de doble fondo, quedando a criterio del diseñador. El criterio que hay que seguir en este apartado, es que la embarcación sea capaz de cumplir con el criterio de estabilidad en avería. La estabilidad en avería se estudiará en más profundidad en el cuaderno 12, no obstante, se ha calculado la altura de la de la avería de fondo por desgarradura. La altura del doble fondo viene dada por la menor altura de ambos criterios.

Altura por desgarradura en avería de fondo

- $\text{Altura} = 0.04 \times V^{1/3}$

*Donde, $V = 129.17 \text{ m}^3$

$$\text{Altura} = 0.04 \times 129.7^{1/3}$$

$$\text{Altura} = 0.20 \text{ metros}$$

La altura del doble fondo mínimo es de 0.202 metros, pero ya que el puntal del casco es de 3.7 metros, y se considera que es una altura no es necesaria y en cambio, debido a facilidades en los procesos de construcción y de limpieza o de inspección del doble fondo durante la vida útil. Al doble fondo se le precisa una altura de 1 metro.

La extensión del doble fondo debe ser desde el mamparo del pique de proa al mamparo del pique de popa, si bien, según normativa es posible prescindir del doble fondo en ciertos compartimentos. Debido a la disposición de la cámara de máquinas se hace preciso prescindir del doble fondo, en cambio, se ha dispuesto el pique de popa con doble fondo para compensar los criterios de estabilidad por avería.

$$\text{Altura doble fondo} = 1.00 \text{ metro}$$

3.2. Clara de cuaderna

La normativa citada anteriormente no especifica la distancia máxima de las cuadernas del buque, para obtener dicha distancia se necesita disponer del tamaño de los paneles de planchas, del espesor del escantillonado de la plancha y de la composición de los refuerzos. Por consiguiente, la distribución de cuadernas se obtendrá en el cuaderno de la estructura del buque.



Si bien, al no disponer de la clara de cuadernas, no se va a poder fijar exactamente las bulárcamas ni los mamparos. Aunque se dispondrán con una disposición bastante aproximada a la final.

3.3. Clara de bulárcamas

En la Part. 3, Cap. 2, Sec. 6. La normativa cita dos referencias sobre la separación de bulárcamas en los espacios de máquinas, que es el punto donde más presión debe soportar la estructura.

La separación máxima, S_{mas} , de las bulárcamas en espacios de maquinaria de estructura longitudinalmente no debe exceder los 3.8 m.

Además, para embarcaciones con cuadernas transversales, en un espacio de máquinas situado adyacente al extremo de popa, el espaciado de las bulárcamas no debe exceder seis espacios de cuadernas transversales.

3.4. Clara de refuerzos longitudinales

Al referirse a los refuerzos longitudinales hay que definir en primer lugar la zona dentro del casco y la zona fuera del casco. La zona dentro del casco será el costado interior de los cascos del catamarán que se encuentran soportando el túnel del catamarán. En cambio, la zona fuera del casco, es el costado exterior de los cascos el que recibe los mayores impactos de las olas. En la siguiente imagen se puede ver claramente la explicación anterior.

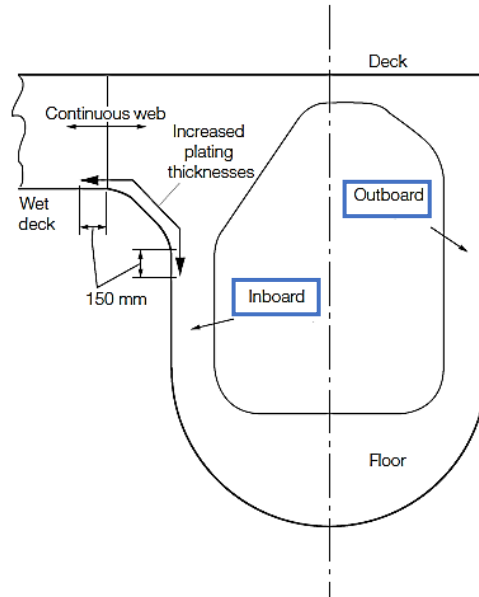


Figura 1 - Esquema Inboard y Outboard

Aplicando la normativa en la Part. 8 Cap. 4 Sec. 4. Se dicta las distancias máximas que deben tener los refuerzos longitudinales de fondo, cubierta principal y del costado interior como el exterior.



Refuerzos longitudinales de fondo

Los refuerzos longitudinales de fondo son apoyados por bulárcamas, suelos, mamparos o otros refuerzos primarios, generalmente no serán espaciados por más de 2 metros.

Los refuerzos longitudinales de fondo tienen que ser continuos atravesando las estructuras de apoyo siempre que se pueda.

Refuerzos primarios longitudinales de fondo

Los refuerzos longitudinales primarios de fondo son apoyados por bulárcamas, suelos, mamparos u otros refuerzos primarios, generalmente no serán espaciados por más de 2 metros.

Los refuerzos longitudinales primarios de fondo tienen que ser continuos atravesando las estructuras de apoyo siempre que se pueda.

Refuerzos longitudinales de costado

Los refuerzos longitudinales de costado son apoyados por bulárcamas, mamparos u otros refuerzos primarios, generalmente no serán espaciados por más de 2 metros.

Los refuerzos longitudinales de costado tienen que ser continuos atravesando las estructuras de apoyo siempre que se pueda.

Refuerzos primarios longitudinales de costado

Los refuerzos longitudinales primarios de costado son apoyados por bulárcamas, mamparos u otros refuerzos primarios, generalmente no serán espaciados por más de 2 metros.

Los refuerzos longitudinales primarios de costado tienen que ser continuos atravesando las estructuras de apoyo siempre que se pueda.

Refuerzos longitudinales de la cubierta principal

Los refuerzos longitudinales de la cubierta principal son apoyados por bulárcamas, mamparos u otros refuerzos primarios, generalmente no serán espaciados por más de 2 metros.

Los refuerzos longitudinales de la cubierta principal tienen que ser continuos atravesando las estructuras de apoyo siempre que se pueda.

Refuerzos primarios longitudinales de la cubierta principal

Los refuerzos longitudinales primarios de la cubierta principal son apoyados por bulárcamas, mamparos u otros refuerzos primarios, generalmente no serán espaciados por más de 2 metros.

Los refuerzos longitudinales primarios de la cubierta principal tienen que ser continuos atravesando las estructuras de apoyo siempre que se pueda.

Como se aprecia, las distancias son las mismas para refuerzos de fondo y refuerzos de costados. En cambio, el escantillonamiento de los refuerzos variará uno de otros, debido a las presiones en cada una de las zonas del casco en que se disponga el refuerzo.



3.5. Disposición de mamparos estancos

El número y disposición de mamparos estancos se encuentra detallada en la Part. 3, Cap. 2, Sec. 4.

En la siguiente tabla se muestra el número de mamparos estancos que le corresponde a la embarcación. Los datos a introducir en la tabla son la L_R que es 32.00 metros y la maquinaria se considera a mitad de barco.

Length, L_R , in metres	Total number of bulkheads	
	Machinery amidships	Machinery aft
> 15 ≤ 25	3	2
> 25 ≤ 65	4	3*
> 65 ≤ 85	4	4*
> 85 ≤ 90	5	5*
> 90 ≤ 105	5	5*
> 105 ≤ 115	6	5*
> 115 ≤ 125	6	6*
> 125 ≤ 145	7	6*
> 145	To be individually considered	

*With afterpeak bulkhead forming after boundary of machinery space

Tabla 1 - Número de mamparos por la sociedad de clasificación

Los mamparos estancos que necesita la embarcación como mínimo son 4, siempre y cuando cumpla con los criterios de estabilidad en avería. La normativa expone que dichos mamparos deben tener un espaciado entre ellos uniforme, pero puede verse alterado ese espaciado ligeramente.

Para embarcaciones de L_R mayor a 25 metros, el mamparo del pique de proa debe coincidir con el mamparo estanco de popa de la cámara de máquinas.

3.6. Pique de proa

El mamparo de colisión o pique de proa se explica también en la Part. 3, Cap. 2, Sec. 4.

La distancia del mamparo de colisión con respecto a la perpendicular de proa se encuentra detallada en la Tabla 2.



Arrangement	Distance of collision bulkhead aft of fore perpendicular, in metres	
	Minimum	Maximum
(a)	$0,05L_{pp}$	$3 + 0,05L_{pp}$
(b)	$0,05L_{pp} - f$	$3 + 0,05L_{pp} - f$
Symbols and definitions		
$f = \frac{G}{2}$ or $0,015L_{pp}$, whichever is the lesser G = projection of bulbous bow forward of fore perpendicular, in metres L_{pp} is as defined in Ch 1, 6.2 Arrangement (a) A craft that has no part of its underwater body extending forward of the fore perpendicular. Arrangement (b) A craft with part of its underwater body extending forward of the fore perpendicular, e.g. bulbous bow.		

Tabla 2 - Distancia del mamparo de colisión

Según la anterior tabla, las distancia a colocar el mamparo de colisión con respecto a la perpendicular de proa son:

- Distancia mínima = $0.05 \times L_{pp}$
 $d = 0.05 \times 32.00$
 $d = 1.60$ metros
- Distancia máxima = $3 + 0.05 \times L_{pp}$
 $D = 3 + 0.05 \times 32.00$
 $D = 4.60$ metros

3.7. Cámara de máquinas

La disposición de mamparos de la cámara de máquinas se ha dispuesto de manera que se optimicen los esfuerzos máximos y se disponga del espacio necesario para albergar todos los equipos necesarios.

El pique de popa, que es el mamparo de popa de la cámara de máquinas, así debe ser según lo nombrado anteriormente en el reglamento. Se ha colocado justo donde se sitúa el cierre de bocina. Con ello se consigue reforzar dicha zona donde se producen grandes esfuerzos. El mamparo del pique de popa se sitúa a 3.68 metros de la perpendicular de popa.

El mamparo de proa de la cámara de máquinas se ha dispuesto a razón del espacio necesario que los distintos equipos y maquinarias. Por lo que el mamparo de proa de la cámara de máquinas se sitúa a 10.68 metros de la perpendicular de popa.



3.8. Resumen de mamparos

A continuación, se muestran las distancias del mamparo de proa de cada compartimento, como origen se ha determinado la perpendicular de popa.

- Pique de popa: 3.680 metros
- Cámara de máquinas: 10.680 metros
- Pañol 1: 16.942 metros
- Pañol 2: 23.220 metros
- Pañol 3: 29.500 metros
- Pique de proa: Termina en la roda del casco



4. ESPACIOS DEL BUQUE

Los espacios del catamarán de pasaje están divididos principalmente en dos patines, un túnel central y dos cubiertas de habitación que se detallarán a continuación desglosando las distintas partidas.

4.1. Local del servo-timón

El local del servo viene definido por el mamparo del pique de popa como ya se explicó anteriormente. En el este local principalmente se encuentra el equipo del servo-timón con el tanque de aceite hidráulico del propio servo. Además, se situará distintos cuadros eléctricos.

El acceso a este local es desde la cubierta principal, a popa de la embarcación. La brazola se encuentra en el exterior de la habitación en una zona protegida, haciendo referencia al Reglamento de Francobordo y siguiendo las reglas 13 y 14 del mismo, la altura de la brazola debe ser 600 mm. Según el SOLAS Cap. II-1, Part. A-1, Sec. 5, las escotillas deben tener un área de 600 mm x 600 mm.

4.2. Cámara de máquinas

Las cámaras de máquinas también han sido definidas anteriormente. La maquinaria y equipos serán definidos en el cuaderno 8.

A la cámara de máquinas se accede por el local del servo del correspondiente casco, a través de una puerta estanca e ignífuga.

A parte, también se puede acceder por la cubierta principal como emergencia. También consta de un amplio acceso para el removido de la maquinaria de la cámara de máquinas.

4.3. Pañoles intermedios

La embarcación como se ha detallado anteriormente consta de 3 pañoles por cada casco. En dichos pañoles principalmente se encuentran tanto los tanques de combustibles como de agua dulce.

El acceso a estos recintos es por la cubierta principal, a través de escotillas rasantes y bajando escaleras de gato.

4.4. Pique de proa

En los piques de proa cuyas dimensiones son conocidas, se rompe la simetría mantenida hasta el momento. En el casco de babor del pique de proa se sitúa la caja de cadenas, mientras que en el casco de estribor equipa con la hélice de maniobras.

El acceso al pique se hace a través de la cubierta principal, en el espacio abierto de proa. Se accede bajando unas escotillas enrasadas a la cubierta. Al no ser un espacio de acceso durante la navegación como si lo es el local del servo y la cámara de máquinas, se permite este tipo de escotillas sin brazolas.



4.5. Túnel central

El túnel del catamarán es el espacio que se encuentra entre los dos cascos y debajo de la cubierta principal.

En el túnel se encuentran las grandes vigas que unen los dos cascos como refuerzos y mamparos. Normalmente es aprovechado para el paso de tuberías, cableado y tanques de pequeñas dimensiones. En esta ocasión, el túnel dará cabida a los tanques de aguas negras.

4.6. Salones

Los salones del barco es la zona principal para los pasajeros, cuenta con 200 m² en la cubierta principal y 170 m² en la cubierta superior, poseen un puntal de 2.6 metros. Ambas cubiertas se conectan por escaleras para facilitar un flujo ligero y eficaz de los pasajeros. Ambos salones se han diseñado lo más diáfanos posible y aprovechando la luminosidad de la luz solar por medio de ventanales que abarcan todo el todo el costado en sentido longitudinal de los salones.

Los salones están equipados con amplias butacas dado la duración del trayecto. Las dimensiones de las butacas son 700 mm x 500 mm, siendo estas características las que aportan una comodidad adecuada para largos trayectos. Además, también se ha equipado con doce butacas siguiendo las recomendaciones de MSC/Circ. 735 que recomienda habilitar el 4% de las butacas para personas con movilidad reducida. El REAL DECRETO 1544/2007 insta a instalar una butaca habilitada para personas de movilidad reducida cada cincuenta pasajeros, por lo que se cumple con la normativa. Tres de esas butacas se sustituyen por espacios para sillas de ruedas por la recomendación de MSC/Circ. 735 en la que insta a dejar un espacio para una silla de ruedas por cada cien pasajeros.

Aparte de las butacas, también está equipado por asientos con varias mesas en la que se puede servir los servicios del bar y cafetería que se encuentra a proa del salón de la cubierta principal.

Tanto el salón principal como el superior disponen de acceso a zonas abiertas a popa de ambos, con ello se posibilita a los pasajeros tener acceso a una zona de fumadores y donde poder tomar el aire.

4.7. Aseos

La embarcación consta de siete aseos todos equipados con lavamanos e inodoro. En la cubierta principal se encuentran cuatro aseos en la zona de popa, uno de ellos está equipado para personas con movilidad reducida. Mientras que en la cubierta superior se encuentran los tres restantes. Dos de ellos son para el pasaje y están situados a popa, el otro aseo es para la tripulación y se encuentra en el módulo de la tripulación, además de lavabo e inodoro consta de una ducha.

El aseo de discapacitados debe reunir las siguientes condiciones según el REAL DECRETO 1544/2007.

- *Debe haber al menos 110 cm desde el frente del inodoro hasta la pared opuesta y 90 cm de espacio libre a un lado del inodoro.*
- *El asiento del inodoro debe estar a 45-48 cm del suelo. La ayuda que puede doblar para arriba o hacer pivotar a un lado debe ser colocada en ambos lados del tocador. El lavamanos debe estar al alcance del inodoro y colocado a no más de 80 cm por encima*



del piso. El accesorio de la cuenca de mano debe ser lo suficientemente fuerte como para que la cuenca de mano se use como soporte. Un espejo debe colocarse a una altura adecuada, el borde inferior 90 cm por encima del piso y el borde superior 190 cm por encima del piso.

- *Debe ser posible colocar el frente de una silla de ruedas debajo de la cuenca de mano, la altura libre bajo el lavabo debe ser 70-75 cm. Jabón, toallas, etc., deben colocarse a una altura de aproximadamente 90-100 cm por encima del piso. Los medios para llamar a la asistencia deben estar disponibles en cada lavabo.*
- *El aseo debe tener un espacio libre del tamaño de una circunferencia de 75 cm de radio.*

4.8. Zona de equipajes

Las zonas donde se depositan los equipajes se dividen en 3 módulos. Los módulos se encuentran al acceder a salón en la cubierta principal en las entradas de estribor y de babor, cada módulo de estos tiene capacidad de 120 maletas. El tercer módulo está situado en el pasillo central del salón de la cubierta principal y tiene una capacidad de 60 maletas.

4.9. Cocina

La cocina se encuentra en la parte de proa del salón de la cubierta principal, justo detrás de la barra del bar separado por un mamparo no resistente por la que se accede por una puerta. Está equipada con fregadero, varios fuegos alimentados por corriente eléctrica, extractor de humo, nevera, microondas y lavavajillas. No se podrá equipar con freidoras por la restricción de medidas de seguridad.

En el cuaderno 9 se explicarán las distintas medidas de seguridad y contraincendios que lleva la zona de cocinas.

4.10. Módulo de tripulación

Al ser un trayecto largo y cuyos tiempos de ida y vuelta al puerto base será entre ocho y nueve horas. La tripulación cuenta con un espacio propio donde poder descansar y comer algo. A babor se encuentra una pequeña cocina con un comedor y a estribor una sala de estar y el aseo nombrado anteriormente.

4.11. Puente de gobierno

El puente de gobierno se encuentra a proa del módulo de la tripulación, en un módulo central de 20 m² aproximadamente. Se encuentra sobre un 445 mm superior de la cubierta superior y consta de un puntal de 2.4 metros. En total la tripulación cuenta con un espacio de 22 m² donde se hayan los equipos de gobierno y de navegación.

El puente tiene una visión de 360° debido a las cristalerías instaladas, además, para las maniobras de atraque y desatraque posee dos accesos a los costados con el fin de visualizar las maniobras.

5. TANQUES



En primer lugar, cada destacar que el buque no está provisto de tanques estructurales. Dichos tanques serán de aluminio y montados en el proceso de construcción.

En el cuaderno 2 se estimó algunas capacidades de varios tanques que serán usadas en este cuaderno.

5.1. Tanques de combustible

Los tanques de combustible, como bien se ha dicho, se han calculado anteriormente. La capacidad total de combustible requerida es 11.48 m³. El combustible va a estar distribuido en dos tanques, cada uno en un patín. La capacidad de combustible de cada tanque es de 5.74 m³. Sin embargo, los tanques de combustible se llenan hasta el 98%. Esto hace que se requiera 5.85 m³ de capacidad total por tanque.

El tanque se colocará en el pañol número 2, el cual se situará lo más a proa posible para disminuir el trimado.

Las capacidades de los tanques de combustible son:

	Qty -	Densidad (t/m ³)	Capacidad (m ³)	xG (m)	yG (m)	zG (m)
Tanque F.O. Br	1	0.85	5.85	21.25	-3.20	1.84

Tabla 3 - Tanque F.O. babor

	Qty -	Densidad (t/m ³)	Capacidad (m ³)	xG (m)	yG (m)	zG (m)
Tanque F.O. Er	1	0.85	5.85	21.25	3.20	1.84

Tabla 4 - Tanque F.O. estribor

5.2. Tanques de agua dulce

Al igual que los tanques de combustible, los tanques de agua dulce han sido calculados en el cuaderno 2.

La capacidad total de los tanques de agua dulce es de 1.6 m³, a cada banda dicha capacidad es de 0.8 m³. Los tanques irán situados en los pañoles número 1 tanto de babor como de estribor, lo más a proa posible con el objetivo de disminuir el trimado apopante.

Las capacidades de los tanques de combustible son:

	Qty -	Densidad (t/m ³)	Capacidad (m ³)	xG (m)	yG (m)	zG (m)
Tanque Agua Dulce Br	1	1	0.8	16.4	-3.40	1.76

Tabla 5 - Tanque agua dulce babor

	Qty -	Densidad (t/m ³)	Capacidad (m ³)	xG (m)	yG (m)	zG (m)
Tanque Agua Dulce Er	1	1	0.8	16.4	3.40	1.76

Tabla 6 - Tanque agua dulce estribor



5.3. Tanque de aguas negras

Las aguas negras de la embarcación son todas aquellas aguas que provienen de los aseos y de las cocinas. Además, el módulo de la tripulación también cuenta con una ducha y cocina. A parte de la pequeña cocina de la tripulación, el buque consta de servicio de bar para el pasaje. Este servicio integra una cocina principal con fregaderos y lavavajilla los cuales también vierten las aguas en el tanque de aguas negras.

Para el cálculo de las capacidades de los tanques se ha estimado una asistencia del 100% de los pasajeros a los aseos por viaje, además, del consumo de las cocinas y del uso ocasional de la ducha para la tripulación. Los consumos estimados por cada uso son:

- Lavabo: 5 litros
- Inodoro: 10 litros
- Ducha: 50 litros
- Lavavajillas: 15 litros
- Fregadero: 10 litros

Finalmente, el consumo total máximo por viaje son 5000 litros o 5 m³.

Cabe recordar, que según la normativa de MARPOL, ANX. 4, Regla 11.

Que la descarga se efectúe a una distancia superior a 3 millas marinas de la tierra más próxima si las aguas sucias han sido previamente desmenuzadas y desinfectadas mediante un sistema aprobado por la Administración, de conformidad con el párrafo 1.2 de la regla 9 del presente Anexo, o a una distancia superior a 12 millas marinas si no han sido previamente desmenuzadas ni desinfectadas. En cualquier caso, las aguas sucias que hayan estado almacenadas en los tanques de retención no se descargarán instantáneamente, sino a un régimen moderado, hallándose el buque en ruta navegando a una velocidad no inferior a 4 nudos. Dicho régimen de descarga habrá de ser aprobado por la Administración teniendo en cuenta las normas elaboradas por la Organización.

La embarcación va a navegar la mayor parte del trayecto a una distancia superior a 12 millas, en este caso, la normativa permite descargar los tanques de aguas negras en cada viaje. Por este motivo, no se va a necesitar más capacidad que la argumentada anteriormente.

A razón de la distribución de las cocinas y los aseos, se va a equipar la embarcación con dos tanques, puesto que el mayor consumo se va a realizar en los aseos de popa, el tanque de popa será superior al de proa.

Los tanques de aguas negras se van a situar en el túnel de catamarán, considerando las alturas de los refuerzos de la embarcación.

Las capacidades de los tanques de aguas negras son:

	Qty -	Densidad (t/m ³)	Capacidad (m ³)	xG (m)	yG (m)	zG (m)
Tanque Agua Negras Pp	1	1.025	3.46	2.77	0.00	3.16

Tabla 7 - Tanque aguas negras popa



	Qty -	Densidad (t/m ³)	Capacidad (m ³)	xG (m)	yG (m)	zG (m)
Tanque Agua Negras Pr	1	1.025	1.54	24.45	0.00	3.25

Tabla 8 - Tanque aguas negras proa

5.4. Tanque de aceite hidráulico

Los tanques de aceite hidráulico son necesarios para el sistema del serótino. Este sistema funciona como un circuito cerrado, al no disponer de refrigeración constante se necesita un tanque de mayor capacidad para conseguir refrigerar el aceite de su paso por la bomba.

Se estima que se necesita un tanque de 100 litros por cada banda, quedando dispuesto de la siguiente forma:

	Qty -	Densidad (t/m ³)	Capacidad (m ³)	xG (m)	yG (m)	zG (m)
Tanque Aceite Br	1	0.92	0.1	0	-4.45	1.88

Tabla 9 - Tanque aceite babor

	Qty -	Densidad (t/m ³)	Capacidad (m ³)	xG (m)	yG (m)	zG (m)
Tanque Aceite Er	1	0.92	0.1	0	4.45	1.88

Tabla 10 - Tanque aceite estribor

5.5. Resumen

Finalmente, la disposición de los tanques queda de la siguiente manera:

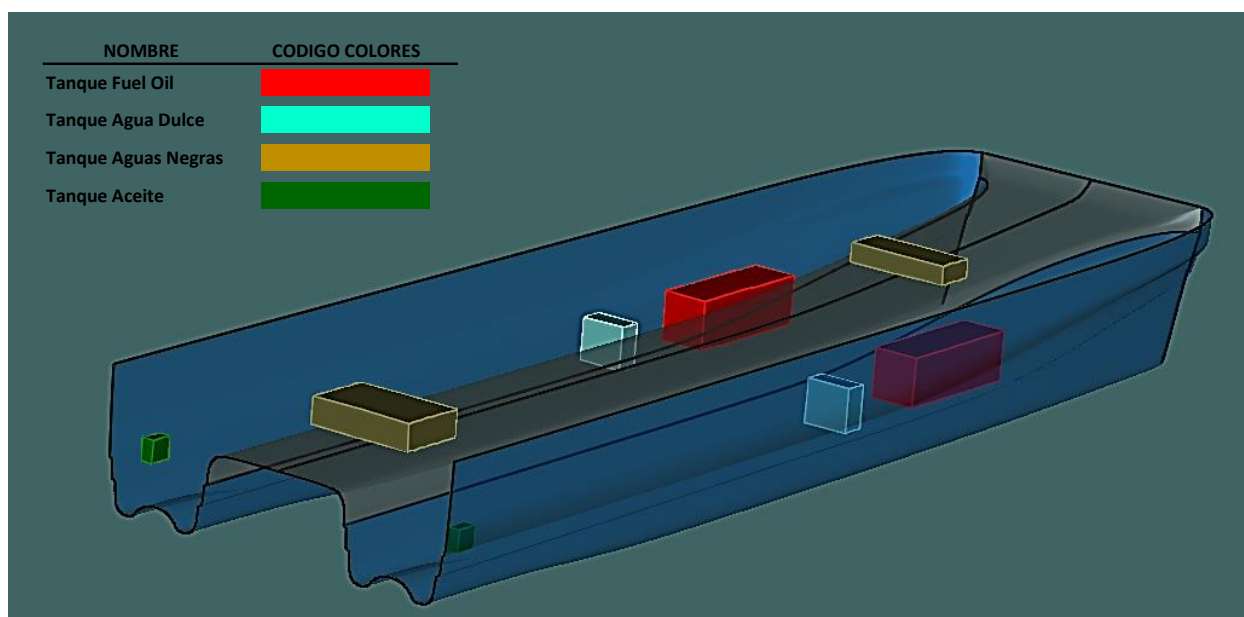


Figura 2 - Disposición de los tanques

En el Anexo 1 se adjuntan las características de los tanques.



6. SALVAMENTO Y CONTRA INCENDIOS

6.1. Dispositivos y medios de salvamento

Los dispositivos y medios de salvamento vienen recogidos por las reglas del SOLAS Capitulo III, parte B, Las reglas del Lloyd's Register, parte 17 y también por el código HSC 2000 Capitulo 8. Se muestra un resumen de los puntos que se van a estudiar en el cuaderno 9, donde este tema se va a desarrollar con más profundidad

- Comunicaciones.
- Dispositivos individuales de salvamento.
- Cuadro de obligaciones e instrucciones y manuales para casos de emergencia.
- Instrucciones de manejo.
- Estiba de las embarcaciones de supervivencia.
- Medios de embarco y recuperación de embarcaciones de supervivencia y botes de rescate.
- Aparatos lanzacabos.
- Disponibilidad operacional, mantenimiento e inspecciones.
- Embarcaciones de supervivencia y botes de rescate.

6.2. Sistemas contra incendios

Los sistemas de seguridad contra incendios vienen recogidos por las reglas del SOLAS Capitulo II-2 y también por el código HSC 2000 Capitulo 7, partes A y parte B. Aunque se va a detallar el sistema contra incendios en el cuaderno 9, a continuación, se van a hacer referencia los principales puntos a estudiar.

- Protección estructural.
- Tanques, sistemas combustibles y otros fluidos inflamables.
- Ventilación.
- Sistemas de detención y extinción de incendios.
- Equipos de bombeo.
- Sistema fijo de rociadores.



7. AMARRE Y FONDEO

Los equipos de amarre y fondeo se han ubicado de tal forma que se consiga la mayor facilidad en las maniobras, eficacia y velocidad de la maniobra, como a la vez proteger a la tripulación de accidentes fortuitos.

En el cuaderno 9 se dispone de un estudio completo sobre la ubicación y los equipos necesarios como sus características. Para ello, se han seguido las directrices del SSC Lloyd's Register en la Part. 3, Cap. 5.

Los equipos de anclaje y fondeo principalmente tienen que cumplir tres operaciones: el fondeo, el remolque y el atraque.

El fondeo solo se dará en situaciones puntuales y en situaciones de emergencia, por lo tanto, el ancla debe poder mantener a la embarcación fondeada en las peores circunstancias posible. Las operaciones de remolque normalmente se deben a avería en los motores principales, los medios que dispone la embarcación tienen que ser los adecuados para permitir remolcar la nave en las peores condiciones posible. Por último, el atraque donde se prevé que la embarcación pase entre el 50% y el 60% de su vida útil. Se deberá tener en cuenta las aceleraciones y velocidades de viento y olas que puedan producirse.

Los equipos de amarre y fondeo se ubicarán a ambos extremos del barco. Tanto en popa como en proa se dispondrá de las bitas, pasacabos y estachas de amarre. Pero además en proa se ubicará el molinete de anclas con su correspondiente caja de cadenas en el pique de proa de babor.



8. CROQUIS DE LA DISPOSICION GENERAL FINAL

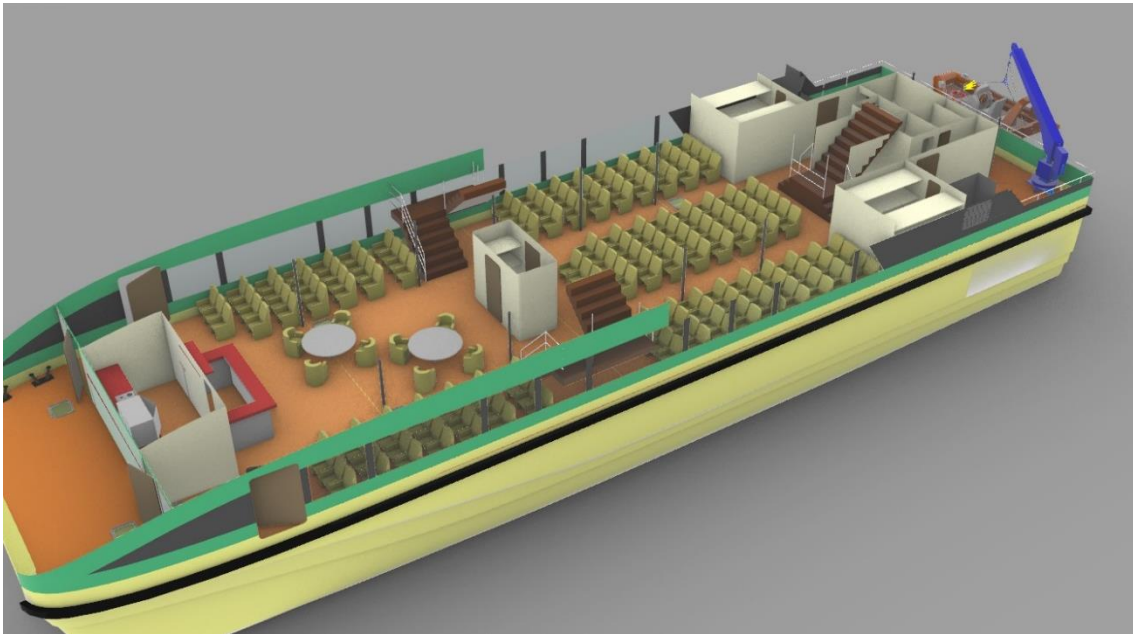


Figura 3 - Cubierta principal

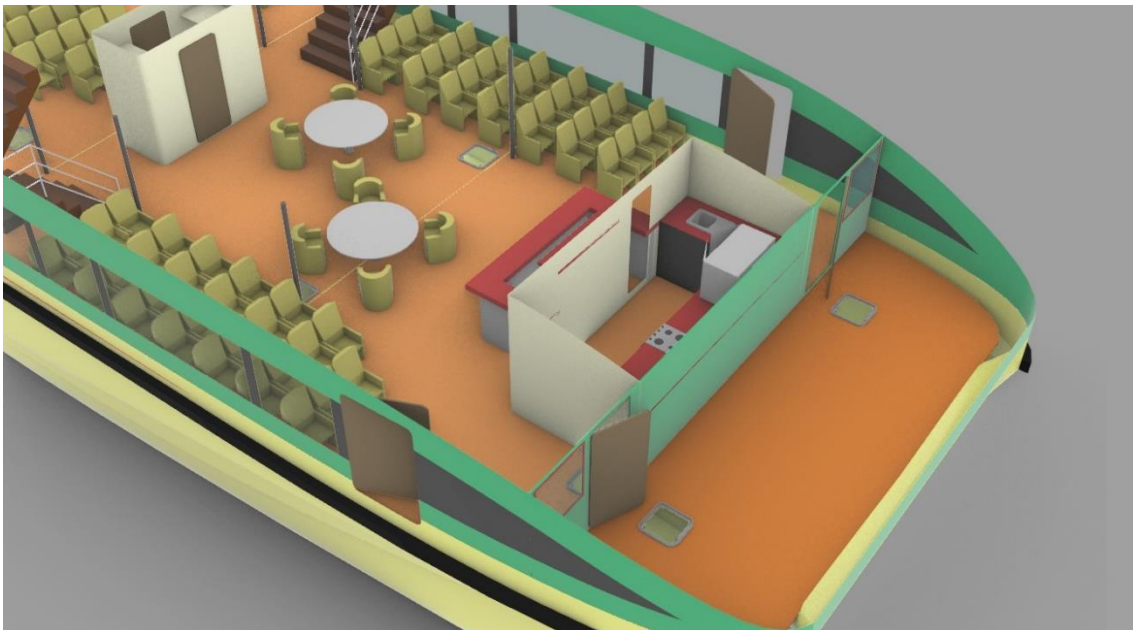


Figura 4 - Cubierta principal proa

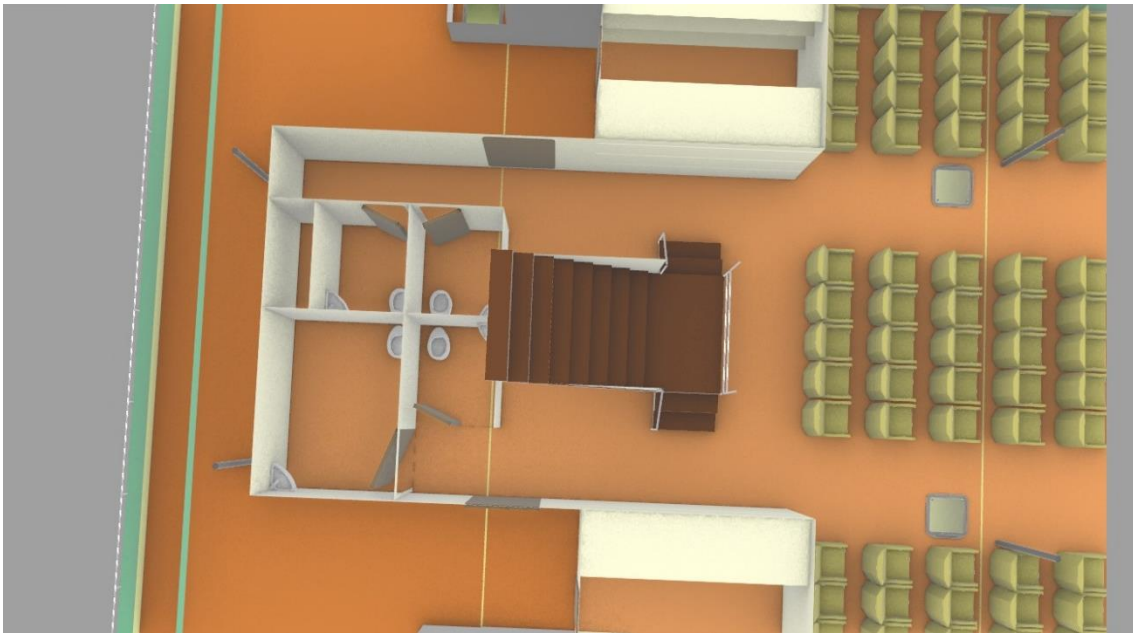


Figura 5 - Cubierta principal baños

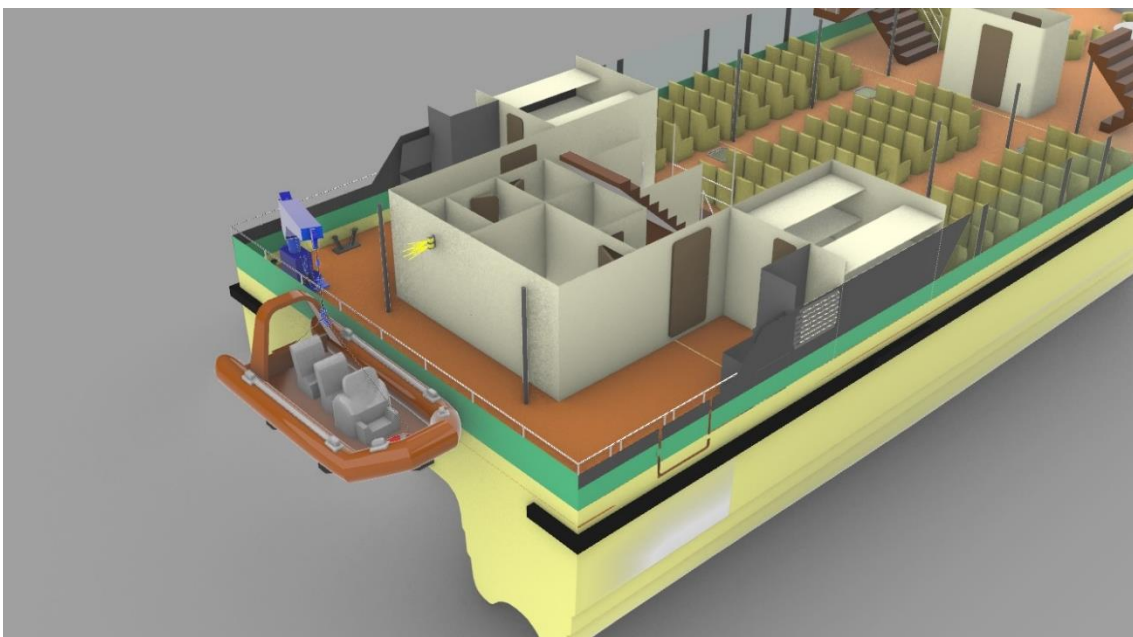


Figura 6 - Cubierta principal popa

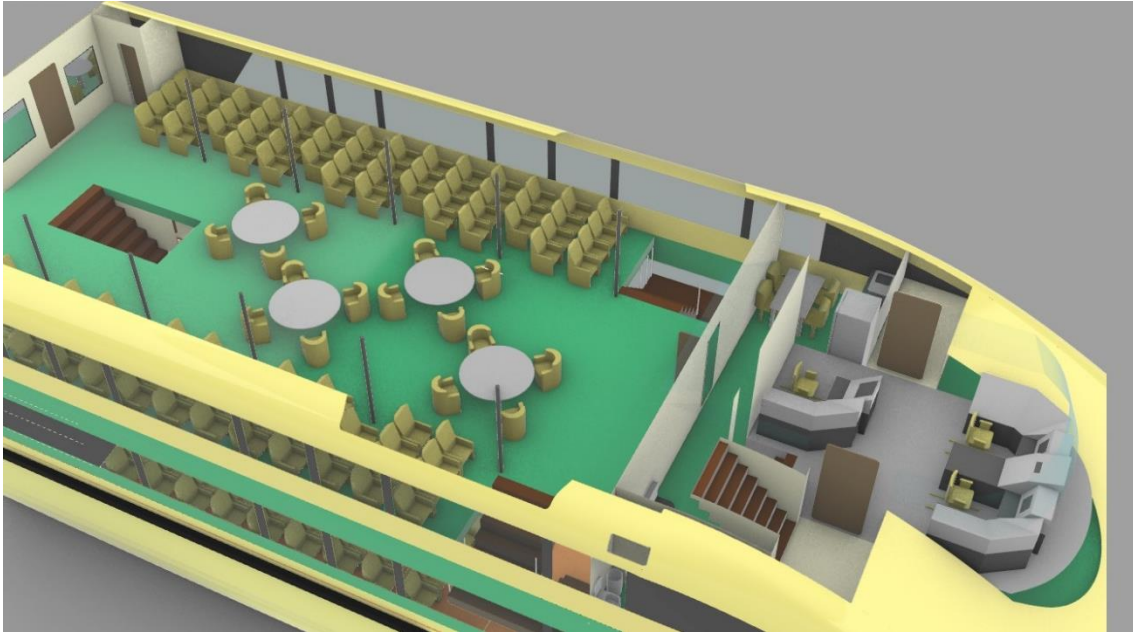


Figura 7 - cubierta superior

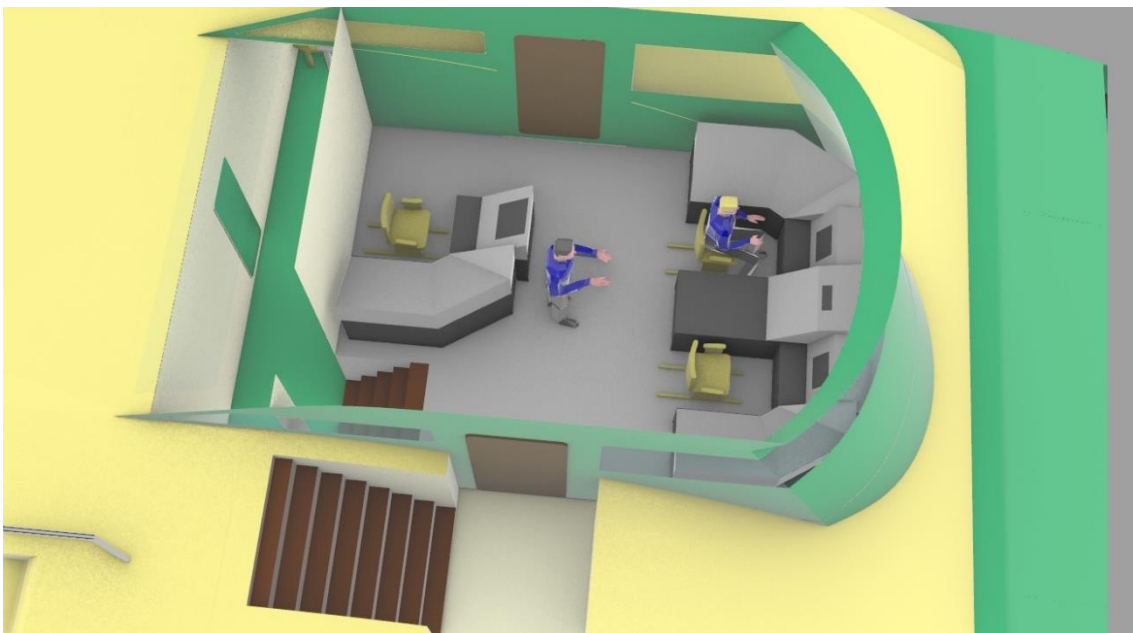


Figura 8 - Puente de navegación



9. BIBLIOGRAFIA

1. Resolución MSC.97(73) "Código Internacional de Seguridad para Naves de Gran Velocidad", diciembre 2000.
2. Lloyd's Register: "Rules and Regulations for the Classification of Special Service Craft". Julio 2019.
3. MARPOL: "Convenio Internacional para Prevenir la Contaminación por los Buques" (2012).
4. SOLAS: "Convenio Internacional para la Seguridad de la Vida Humana en el Mar" (2015).
5. Sopranis Velasco Roque: "Catamarán para transporte de pasaje en aguas abrigadas"



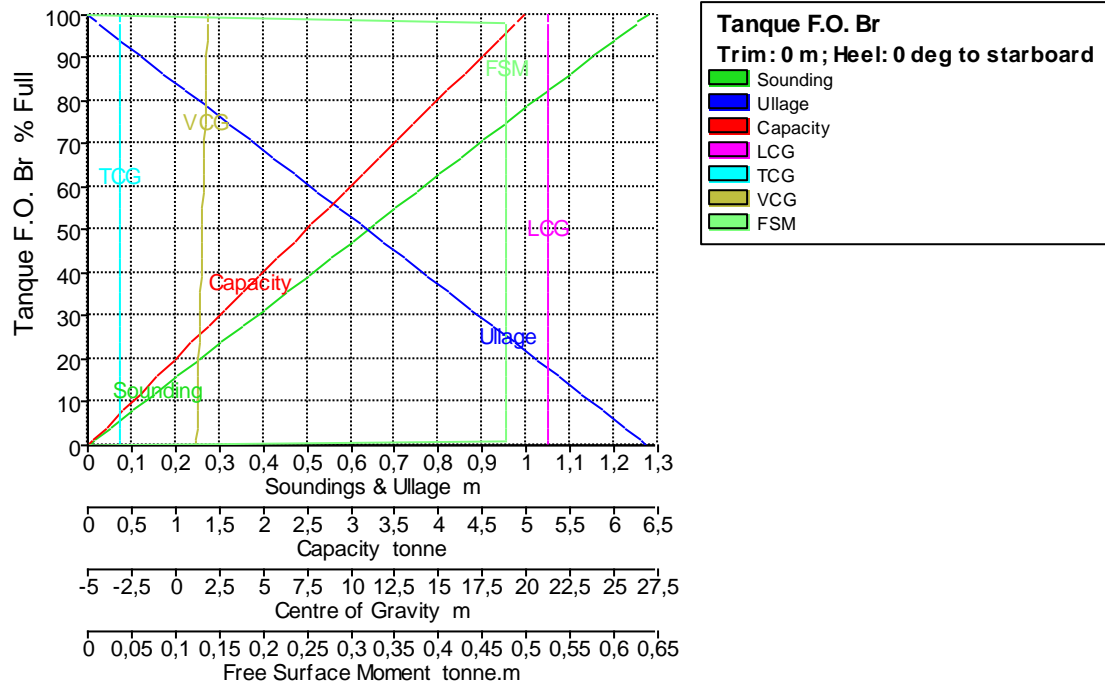
ANEXO 1

Características de los tanques



Tank Calibrations - Tanque F.O. Br

Fluid Type = Fuel Oil Specific gravity = 0,85
 Permeability = 98 %
 Trim = 0 m (+ve by stern); Heel = 0 deg to starboard

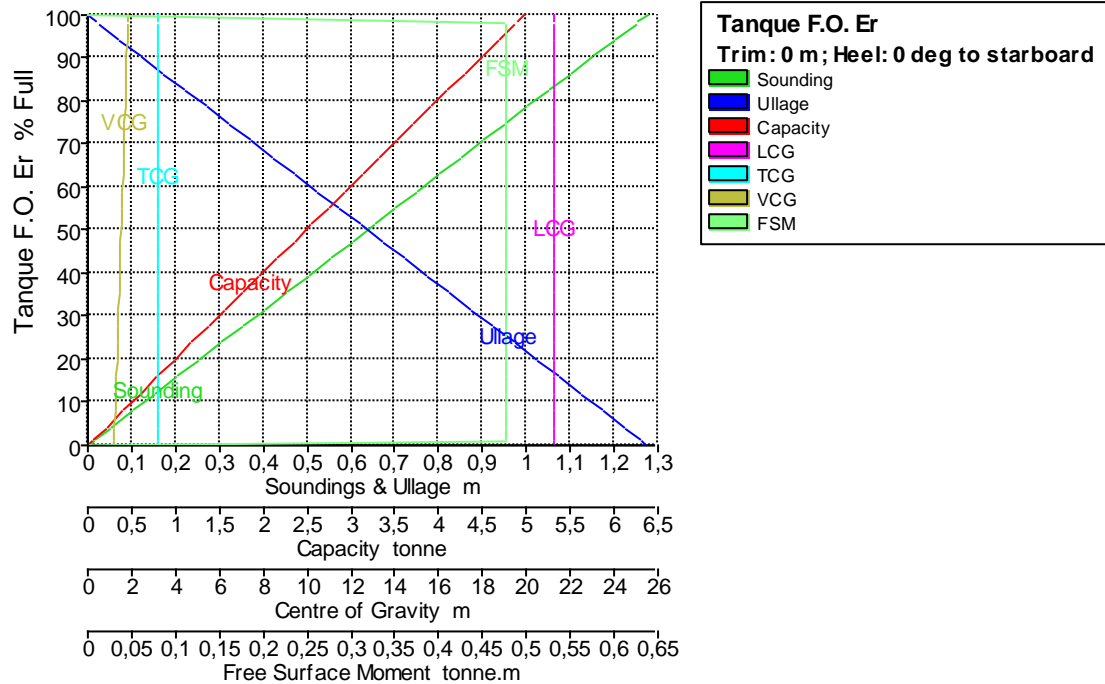


Tank Name	Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m ³	Capacity tonne	LCG m	TCG m	VCG m	FSM tonne.m
Tanque F.O. Br	1.275	0.000	100.000	5.848	4.971	21.250	-3.200	1.837	0.000
	1.250	0.025	98.039	5.733	4.873	21.250	-3.200	1.825	0.477
	1.250	0.026	98.000	5.731	4.871	21.250	-3.200	1.825	0.477
	1.248	0.027	97.900	5.725	4.866	21.250	-3.200	1.824	0.477
	1.200	0.075	94.118	5.504	4.678	21.250	-3.200	1.800	0.477
	1.150	0.125	90.196	5.274	4.483	21.250	-3.200	1.775	0.477
	1.100	0.175	86.275	5.045	4.288	21.250	-3.200	1.750	0.477
	1.050	0.225	82.353	4.816	4.093	21.250	-3.200	1.725	0.477
	1.000	0.275	78.431	4.586	3.898	21.250	-3.200	1.700	0.477
	0.950	0.325	74.510	4.357	3.704	21.250	-3.200	1.675	0.477
	0.900	0.375	70.588	4.128	3.509	21.250	-3.200	1.650	0.477
	0.850	0.425	66.667	3.898	3.314	21.250	-3.200	1.625	0.477
	0.800	0.475	62.745	3.669	3.119	21.250	-3.200	1.600	0.477
	0.750	0.525	58.824	3.440	2.924	21.250	-3.200	1.575	0.477
	0.700	0.575	54.902	3.210	2.729	21.250	-3.200	1.550	0.477
	0.650	0.625	50.980	2.981	2.534	21.250	-3.200	1.525	0.477
	0.600	0.675	47.059	2.752	2.339	21.250	-3.200	1.500	0.477
	0.550	0.725	43.137	2.523	2.144	21.250	-3.200	1.475	0.477
	0.500	0.775	39.216	2.293	1.949	21.250	-3.200	1.450	0.477
	0.450	0.825	35.294	2.064	1.754	21.250	-3.200	1.425	0.477
	0.400	0.875	31.373	1.835	1.559	21.250	-3.200	1.400	0.477
	0.350	0.925	27.451	1.605	1.364	21.250	-3.200	1.375	0.477
	0.300	0.975	23.529	1.376	1.170	21.250	-3.200	1.350	0.477
	0.250	1.025	19.608	1.147	0.975	21.250	-3.200	1.325	0.477
	0.200	1.075	15.686	0.917	0.780	21.250	-3.200	1.300	0.477
	0.150	1.125	11.765	0.688	0.585	21.250	-3.200	1.275	0.477
	0.100	1.175	7.843	0.459	0.390	21.250	-3.200	1.250	0.477
	0.050	1.225	3.922	0.229	0.195	21.250	-3.200	1.225	0.477
	0.013	1.262	1.000	0.058	0.050	21.250	-3.200	1.206	0.477
	0.000	1.275	0.000	0.000	0.000	21.250	-3.200	1.200	0.000



Tank Calibrations - Tanque F.O. Er

Fluid Type = Fuel Oil Specific gravity = 0.85
 Permeability = 98 %
 Trim = 0 m (+ve by stern); Heel = 0 deg to starboard

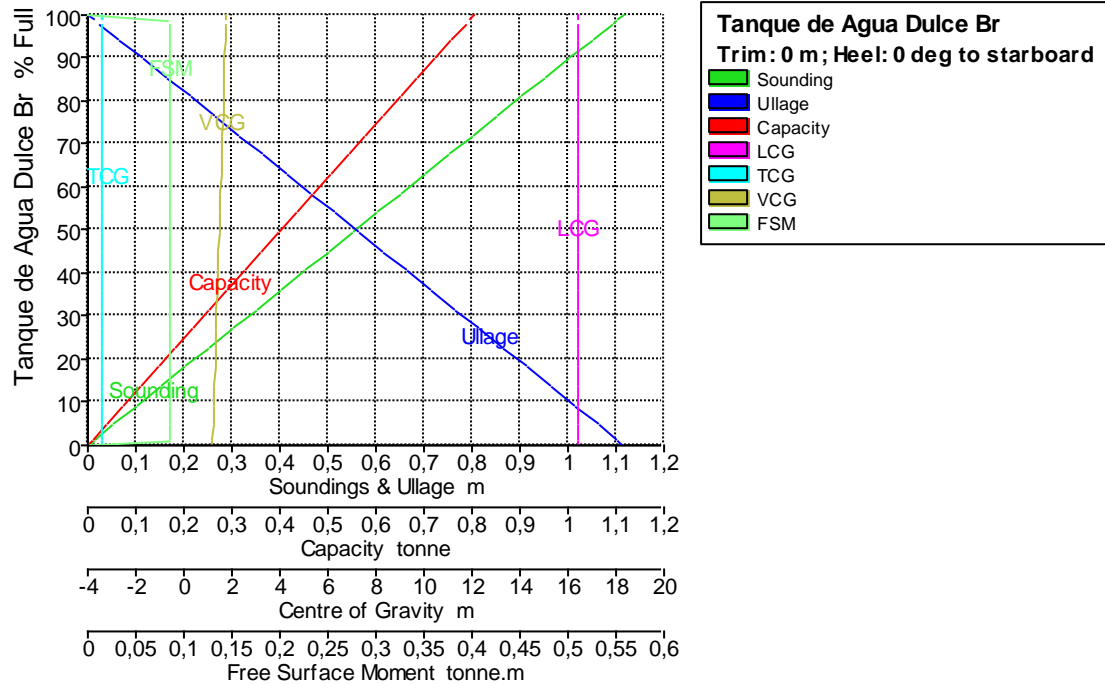


Tank Name	Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m³	Capacity tonne	LCG m	TCG m	VCG m	FSM tonne.m
Tanque F.O. Er	1.275	0.000	100.000	5.848	4.971	21.250	3.200	1.837	0.000
	1.250	0.025	98.039	5.733	4.873	21.250	3.200	1.825	0.477
	1.250	0.026	98.000	5.731	4.871	21.250	3.200	1.825	0.477
	1.248	0.027	97.900	5.725	4.866	21.250	3.200	1.824	0.477
	1.200	0.075	94.118	5.504	4.678	21.250	3.200	1.800	0.477
	1.150	0.125	90.196	5.274	4.483	21.250	3.200	1.775	0.477
	1.100	0.175	86.275	5.045	4.288	21.250	3.200	1.750	0.477
	1.050	0.225	82.353	4.816	4.093	21.250	3.200	1.725	0.477
	1.000	0.275	78.431	4.586	3.898	21.250	3.200	1.700	0.477
	0.950	0.325	74.510	4.357	3.704	21.250	3.200	1.675	0.477
	0.900	0.375	70.588	4.128	3.509	21.250	3.200	1.650	0.477
	0.850	0.425	66.667	3.898	3.314	21.250	3.200	1.625	0.477
	0.800	0.475	62.745	3.669	3.119	21.250	3.200	1.600	0.477
	0.750	0.525	58.824	3.440	2.924	21.250	3.200	1.575	0.477
	0.700	0.575	54.902	3.210	2.729	21.250	3.200	1.550	0.477
	0.650	0.625	50.980	2.981	2.534	21.250	3.200	1.525	0.477
	0.600	0.675	47.059	2.752	2.339	21.250	3.200	1.500	0.477
	0.550	0.725	43.137	2.523	2.144	21.250	3.200	1.475	0.477
	0.500	0.775	39.216	2.293	1.949	21.250	3.200	1.450	0.477
	0.450	0.825	35.294	2.064	1.754	21.250	3.200	1.425	0.477
	0.400	0.875	31.373	1.835	1.559	21.250	3.200	1.400	0.477
	0.350	0.925	27.451	1.605	1.364	21.250	3.200	1.375	0.477
	0.300	0.975	23.529	1.376	1.170	21.250	3.200	1.350	0.477
	0.250	1.025	19.608	1.147	0.975	21.250	3.200	1.325	0.477
	0.200	1.075	15.686	0.917	0.780	21.250	3.200	1.300	0.477
	0.150	1.125	11.765	0.688	0.585	21.250	3.200	1.275	0.477
	0.100	1.175	7.843	0.459	0.390	21.250	3.200	1.250	0.477
	0.050	1.225	3.922	0.229	0.195	21.250	3.200	1.225	0.477
	0.013	1.262	1.000	0.058	0.050	21.250	3.200	1.206	0.477
	0.000	1.275	0.000	0.000	0.000	21.250	3.200	1.200	0.000



Tank Calibrations - Tanque de Agua Dulce Br

Fluid Type = Fresh Water Specific gravity = 1
 Permeability = 100 %
 Trim = 0 m (+ve by stern); Heel = 0 deg to starboard

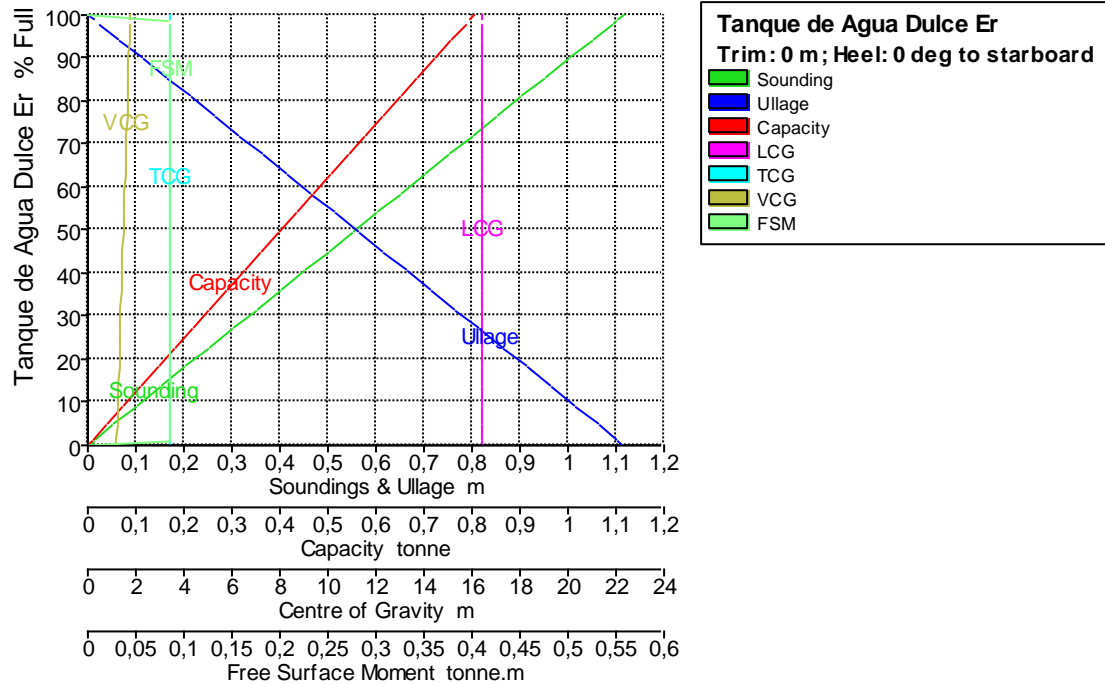


Tank Name	Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m ³	Capacity tonne	LCG m	TCG m	VCG m	FSM tonne.m
Tanque de Agua Dulce Br	1.115	0.000	100.000	0.803	0.803	16.400	-3.400	1.757	0.000
	1.100	0.015	98.655	0.792	0.792	16.400	-3.400	1.750	0.086
	1.093	0.022	98.000	0.787	0.787	16.400	-3.400	1.746	0.086
	1.092	0.023	97.900	0.786	0.786	16.400	-3.400	1.746	0.086
	1.050	0.065	94.170	0.756	0.756	16.400	-3.400	1.725	0.086
	1.000	0.115	89.686	0.720	0.720	16.400	-3.400	1.700	0.086
	0.950	0.165	85.202	0.684	0.684	16.400	-3.400	1.675	0.086
	0.900	0.215	80.717	0.648	0.648	16.400	-3.400	1.650	0.086
	0.850	0.265	76.233	0.612	0.612	16.400	-3.400	1.625	0.086
	0.800	0.315	71.749	0.576	0.576	16.400	-3.400	1.600	0.086
	0.750	0.365	67.265	0.540	0.540	16.400	-3.400	1.575	0.086
	0.700	0.415	62.780	0.504	0.504	16.400	-3.400	1.550	0.086
	0.650	0.465	58.296	0.468	0.468	16.400	-3.400	1.525	0.086
	0.600	0.515	53.812	0.432	0.432	16.400	-3.400	1.500	0.086
	0.550	0.565	49.327	0.396	0.396	16.400	-3.400	1.475	0.086
	0.500	0.615	44.843	0.360	0.360	16.400	-3.400	1.450	0.086
	0.450	0.665	40.359	0.324	0.324	16.400	-3.400	1.425	0.086
	0.400	0.715	35.874	0.288	0.288	16.400	-3.400	1.400	0.086
	0.350	0.765	31.390	0.252	0.252	16.400	-3.400	1.375	0.086
	0.300	0.815	26.906	0.216	0.216	16.400	-3.400	1.350	0.086
	0.250	0.865	22.422	0.180	0.180	16.400	-3.400	1.325	0.086
	0.200	0.915	17.937	0.144	0.144	16.400	-3.400	1.300	0.086
	0.150	0.965	13.453	0.108	0.108	16.400	-3.400	1.275	0.086
	0.100	1.015	8.969	0.072	0.072	16.400	-3.400	1.250	0.086
	0.050	1.065	4.484	0.036	0.036	16.400	-3.400	1.225	0.086
	0.011	1.104	1.000	0.008	0.008	16.400	-3.400	1.206	0.086
	0.000	1.115	0.000	0.000	0.000	16.400	-3.400	1.200	0.000



Tank Calibrations - Tanque de Agua Dulce Er

Fluid Type = Fresh Water Specific gravity = 1
 Permeability = 100 %
 Trim = 0 m (+ve by stern); Heel = 0 deg to starboard



Tank Name	Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m ³	Capacity tonne	LCG m	TCG m	VCG m	FSM tonne.m
Tanque de Agua Dulce Er	1.115	0.000	100.000	0.803	0.803	16.400	3.400	1.757	0.000
	1.100	0.015	98.655	0.792	0.792	16.400	3.400	1.750	0.086
	1.093	0.022	98.000	0.787	0.787	16.400	3.400	1.746	0.086
	1.092	0.023	97.900	0.786	0.786	16.400	3.400	1.746	0.086
	1.050	0.065	94.170	0.756	0.756	16.400	3.400	1.725	0.086
	1.000	0.115	89.686	0.720	0.720	16.400	3.400	1.700	0.086
	0.950	0.165	85.202	0.684	0.684	16.400	3.400	1.675	0.086
	0.900	0.215	80.717	0.648	0.648	16.400	3.400	1.650	0.086
	0.850	0.265	76.233	0.612	0.612	16.400	3.400	1.625	0.086
	0.800	0.315	71.749	0.576	0.576	16.400	3.400	1.600	0.086
	0.750	0.365	67.265	0.540	0.540	16.400	3.400	1.575	0.086
	0.700	0.415	62.780	0.504	0.504	16.400	3.400	1.550	0.086
	0.650	0.465	58.296	0.468	0.468	16.400	3.400	1.525	0.086
	0.600	0.515	53.812	0.432	0.432	16.400	3.400	1.500	0.086
	0.550	0.565	49.327	0.396	0.396	16.400	3.400	1.475	0.086
	0.500	0.615	44.843	0.360	0.360	16.400	3.400	1.450	0.086
	0.450	0.665	40.359	0.324	0.324	16.400	3.400	1.425	0.086
	0.400	0.715	35.874	0.288	0.288	16.400	3.400	1.400	0.086
	0.350	0.765	31.390	0.252	0.252	16.400	3.400	1.375	0.086
	0.300	0.815	26.906	0.216	0.216	16.400	3.400	1.350	0.086
	0.250	0.865	22.422	0.180	0.180	16.400	3.400	1.325	0.086
	0.200	0.915	17.937	0.144	0.144	16.400	3.400	1.300	0.086
	0.150	0.965	13.453	0.108	0.108	16.400	3.400	1.275	0.086
	0.100	1.015	8.969	0.072	0.072	16.400	3.400	1.250	0.086
	0.050	1.065	4.484	0.036	0.036	16.400	3.400	1.225	0.086
	0.011	1.104	1.000	0.008	0.008	16.400	3.400	1.206	0.086
	0.000	1.115	0.000	0.000	0.000	16.400	3.400	1.200	0.000

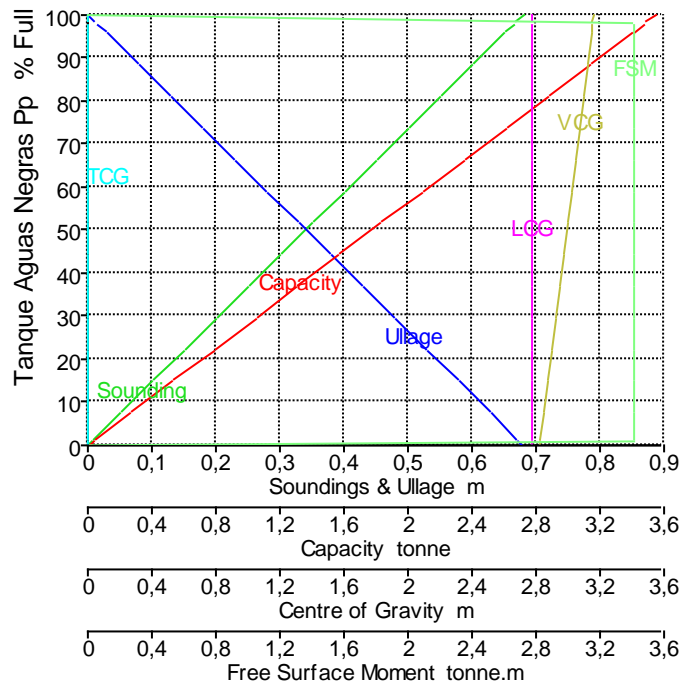


Tank Calibrations - Tanque Aguas Negras Pp

Fluid Type = Agua grises Specific gravity = 1.025

Permeability = 100 %

Trim = 0 m (+ve by stern); Heel = 0 deg to starboard



Tanque Aguas Negras Pp
Trim: 0 m ; Heel: 0 deg to starboard

- █ Sounding
- █ Ullage
- █ Capacity
- █ LCG
- █ TCG
- █ VCG
- █ FSM

Tank Name	Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m ³	Capacity tonne	LCG m	TCG m	VCG m	FSM tonne.m
Tanque Aguas Negras Pp	0.680	0.000	100.000	3.465	3.552	2.770	0.000	3.160	0.000
	0.666	0.014	98.000	3.396	3.481	2.770	0.000	3.153	3.413
	0.666	0.014	97.900	3.393	3.477	2.770	0.000	3.153	3.413
	0.650	0.030	95.588	3.312	3.395	2.770	0.000	3.145	3.413
	0.600	0.080	88.235	3.058	3.134	2.770	0.000	3.120	3.413
	0.550	0.130	80.882	2.803	2.873	2.770	0.000	3.095	3.413
	0.500	0.180	73.529	2.548	2.612	2.770	0.000	3.070	3.413
	0.450	0.230	66.176	2.293	2.351	2.770	0.000	3.045	3.413
	0.400	0.280	58.824	2.038	2.089	2.770	0.000	3.020	3.413
	0.350	0.330	51.471	1.784	1.828	2.770	0.000	2.995	3.413
	0.300	0.380	44.118	1.529	1.567	2.770	0.000	2.970	3.413
	0.250	0.430	36.765	1.274	1.306	2.770	0.000	2.945	3.413
	0.200	0.480	29.412	1.019	1.045	2.770	0.000	2.920	3.413
	0.150	0.530	22.059	0.764	0.784	2.770	0.000	2.895	3.413
	0.100	0.580	14.706	0.510	0.522	2.770	0.000	2.870	3.413
	0.050	0.630	7.353	0.255	0.261	2.770	0.000	2.845	3.413
	0.007	0.673	1.000	0.035	0.036	2.770	0.000	2.823	3.413
	0.000	0.680	0.000	0.000	0.000	2.770	0.000	2.820	0.000

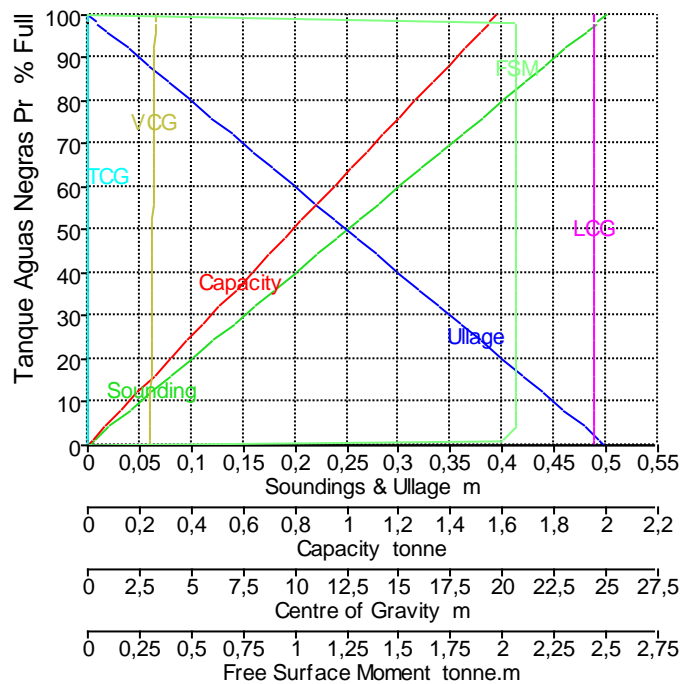


Tank Calibrations - Tanque Aguas Negras Pr

Fluid Type = Agua grises Specific gravity = 1.025

Permeability = 100 %

Trim = 0 m (+ve by stern); Heel = 0 deg to starboard



Tanque Aguas Negras Pr
Trim : 0 m ; Heel : 0 deg to starboard

Sounding
 Ullage
 Capacity
 LCG
 TCG
 VCG
 FSM

Tank Name	Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m ³	Capacity tonne	LCG m	TCG m	VCG m	FSM tonne.m
Tanque Aguas Negras Pr	0.500	0.000	100.000	1.539	1.578	24.450	0.000	3.250	0.000
	0.490	0.010	98.000	1.509	1.546	24.450	0.000	3.245	2.063
	0.490	0.010	97.900	1.507	1.545	24.450	0.000	3.245	2.063
	0.480	0.020	95.998	1.478	1.515	24.450	0.000	3.240	2.063
	0.460	0.040	91.996	1.416	1.452	24.450	0.000	3.230	2.063
	0.440	0.060	87.995	1.355	1.388	24.450	0.000	3.220	2.063
	0.420	0.080	83.993	1.293	1.325	24.450	0.000	3.210	2.063
	0.400	0.100	79.991	1.231	1.262	24.450	0.000	3.200	2.063
	0.380	0.120	75.989	1.170	1.199	24.450	0.000	3.190	2.063
	0.360	0.140	71.988	1.108	1.136	24.450	0.000	3.180	2.063
	0.340	0.160	67.986	1.047	1.073	24.450	0.000	3.170	2.063
	0.320	0.180	63.984	0.985	1.010	24.450	0.000	3.160	2.063
	0.300	0.200	59.982	0.923	0.946	24.450	0.000	3.150	2.063
	0.280	0.220	55.980	0.862	0.883	24.450	0.000	3.140	2.063
	0.260	0.240	51.979	0.800	0.820	24.450	0.000	3.130	2.063
	0.240	0.260	47.977	0.739	0.757	24.450	0.000	3.120	2.063
	0.220	0.280	43.975	0.677	0.694	24.449	0.000	3.110	2.063
	0.200	0.300	39.973	0.615	0.631	24.449	0.000	3.100	2.063
	0.180	0.320	35.971	0.554	0.568	24.449	0.000	3.090	2.063
	0.160	0.340	31.970	0.492	0.504	24.449	0.000	3.080	2.063
	0.140	0.360	27.968	0.431	0.441	24.449	0.000	3.070	2.063
	0.120	0.380	23.966	0.369	0.378	24.449	0.000	3.060	2.063
	0.100	0.400	19.964	0.307	0.315	24.449	0.000	3.050	2.063
	0.080	0.420	15.963	0.246	0.252	24.449	0.000	3.040	2.063
	0.060	0.440	11.961	0.184	0.189	24.448	0.000	3.030	2.063
	0.040	0.460	7.959	0.123	0.126	24.447	0.000	3.020	2.063
	0.020	0.480	3.957	0.061	0.062	24.444	0.000	3.010	2.063
	0.005	0.495	1.000	0.015	0.016	24.428	0.000	3.003	1.999
	0.000	0.500	0.000	0.000	0.000	24.408	0.000	3.000	0.000



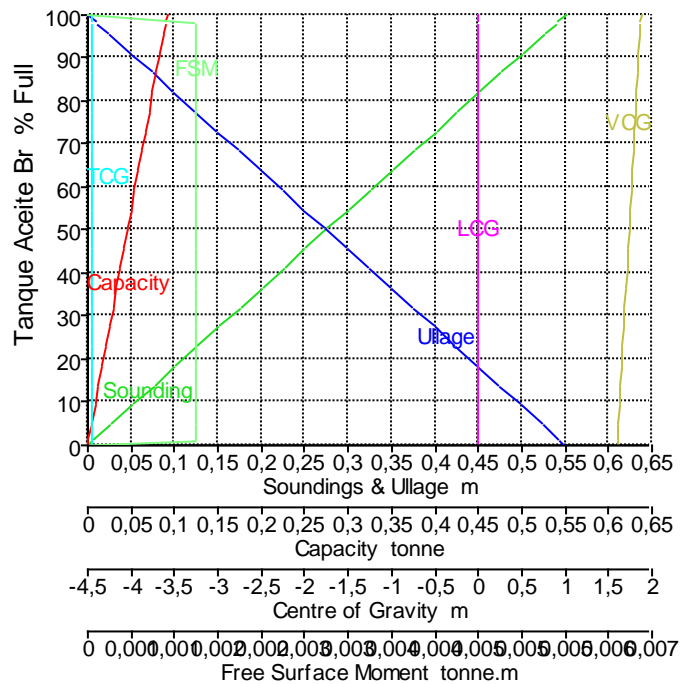
Tank Calibrations - Tanque Aceite Br

Fluid Type = Lube Oil

Specific gravity = 0.92

Permeability = 100 %

Trim = 0 m (+ve by stern); Heel = 0 deg to starboard



Tanque Aceite Br
Trim: 0 m ; Heel: 0 deg to starboard

- █ Sounding
- █ Ullage
- █ Capacity
- █ LCG
- █ TCG
- █ VCG
- █ FSM

Tank Name	Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m ³	Capacity tonne	LCG m	TCG m	VCG m	FSM tonne.m
Tanque Aceite Br	0.550	0.000	100.000	0.099	0.091	0.000	-4.450	1.875	0.000
	0.539	0.011	98.000	0.097	0.089	0.000	-4.450	1.869	0.001
	0.538	0.012	97.900	0.097	0.089	0.000	-4.450	1.869	0.001
	0.525	0.025	95.455	0.094	0.087	0.000	-4.450	1.862	0.001
	0.500	0.050	90.909	0.090	0.083	0.000	-4.450	1.850	0.001
	0.475	0.075	86.364	0.085	0.079	0.000	-4.450	1.838	0.001
	0.450	0.100	81.818	0.081	0.075	0.000	-4.450	1.825	0.001
	0.425	0.125	77.273	0.076	0.070	0.000	-4.450	1.812	0.001
	0.400	0.150	72.727	0.072	0.066	0.000	-4.450	1.800	0.001
	0.375	0.175	68.182	0.067	0.062	0.000	-4.450	1.788	0.001
	0.350	0.200	63.636	0.063	0.058	0.000	-4.450	1.775	0.001
	0.325	0.225	59.091	0.058	0.054	0.000	-4.450	1.762	0.001
	0.300	0.250	54.545	0.054	0.050	0.000	-4.450	1.750	0.001
	0.275	0.275	50.000	0.049	0.046	0.000	-4.450	1.737	0.001
	0.250	0.300	45.455	0.045	0.041	0.000	-4.450	1.725	0.001
	0.225	0.325	40.909	0.040	0.037	0.000	-4.450	1.713	0.001
	0.200	0.350	36.364	0.036	0.033	0.000	-4.450	1.700	0.001
	0.175	0.375	31.818	0.031	0.029	0.000	-4.450	1.687	0.001
	0.150	0.400	27.273	0.027	0.025	0.000	-4.450	1.675	0.001
	0.125	0.425	22.727	0.022	0.021	0.000	-4.450	1.663	0.001
	0.100	0.450	18.182	0.018	0.017	0.000	-4.450	1.650	0.001
	0.075	0.475	13.636	0.013	0.012	0.000	-4.450	1.637	0.001
	0.050	0.500	9.091	0.009	0.008	0.000	-4.450	1.625	0.001
	0.025	0.525	4.545	0.004	0.004	0.000	-4.450	1.612	0.001
	0.006	0.544	1.000	0.001	0.001	0.000	-4.450	1.603	0.001
	0.000	0.550	0.000	0.000	0.000	0.000	-4.450	1.600	0.000



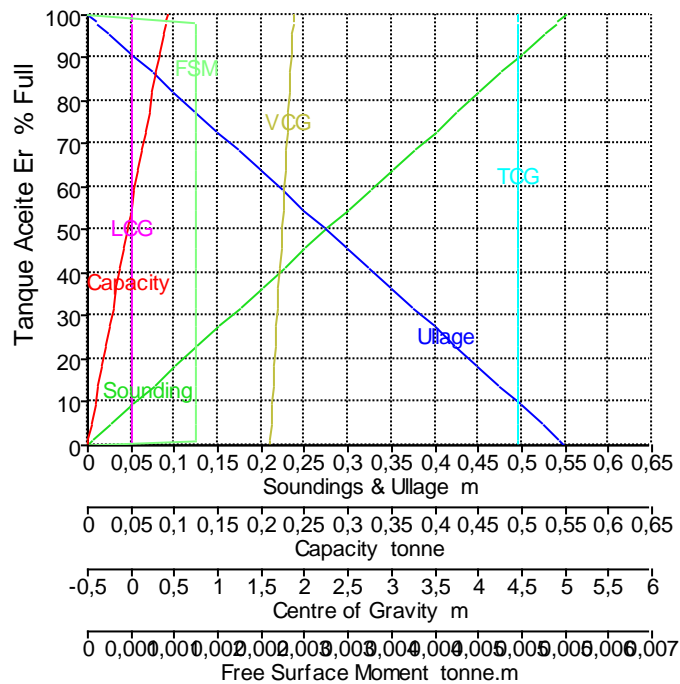
Tank Calibrations - Tanque Aceite Er

Fluid Type = Lube Oil

Specific gravity = 0.92

Permeability = 100 %

Trim = 0 m (+ve by stern); Heel = 0 deg to starboard



Tanque Aceite Er
Trim: 0 m ; Heel: 0 deg to starboard

- █ Sounding
- █ Ullage
- █ Capacity
- █ LCG
- █ TCG
- █ VCG
- █ FSM

Tank Name	Sounding m	Ullage m	% Full	Capacity m ³	Capacity tonne	LCG m	TCG m	VCG m	FSM tonne.m
Tanque Aceite Er	0.550	0.000	100.000	0.099	0.091	0.000	4.450	1.875	0.000
	0.539	0.011	98.000	0.097	0.089	0.000	4.450	1.869	0.001
	0.538	0.012	97.900	0.097	0.089	0.000	4.450	1.869	0.001
	0.525	0.025	95.455	0.094	0.087	0.000	4.450	1.862	0.001
	0.500	0.050	90.909	0.090	0.083	0.000	4.450	1.850	0.001
	0.475	0.075	86.364	0.085	0.079	0.000	4.450	1.838	0.001
	0.450	0.100	81.818	0.081	0.075	0.000	4.450	1.825	0.001
	0.425	0.125	77.273	0.076	0.070	0.000	4.450	1.812	0.001
	0.400	0.150	72.727	0.072	0.066	0.000	4.450	1.800	0.001
	0.375	0.175	68.182	0.067	0.062	0.000	4.450	1.788	0.001
	0.350	0.200	63.636	0.063	0.058	0.000	4.450	1.775	0.001
	0.325	0.225	59.091	0.058	0.054	0.000	4.450	1.762	0.001
	0.300	0.250	54.545	0.054	0.050	0.000	4.450	1.750	0.001
	0.275	0.275	50.000	0.049	0.046	0.000	4.450	1.737	0.001
	0.250	0.300	45.455	0.045	0.041	0.000	4.450	1.725	0.001
	0.225	0.325	40.909	0.040	0.037	0.000	4.450	1.713	0.001
	0.200	0.350	36.364	0.036	0.033	0.000	4.450	1.700	0.001
	0.175	0.375	31.818	0.031	0.029	0.000	4.450	1.687	0.001
	0.150	0.400	27.273	0.027	0.025	0.000	4.450	1.675	0.001
	0.125	0.425	22.727	0.022	0.021	0.000	4.450	1.663	0.001
	0.100	0.450	18.182	0.018	0.017	0.000	4.450	1.650	0.001
	0.075	0.475	13.636	0.013	0.012	0.000	4.450	1.637	0.001
	0.050	0.500	9.091	0.009	0.008	0.000	4.450	1.625	0.001
	0.025	0.525	4.545	0.004	0.004	0.000	4.450	1.612	0.001
	0.006	0.544	1.000	0.001	0.001	0.000	4.450	1.603	0.001
	0.000	0.550	0.000	0.000	0.000	0.000	4.450	1.600	0.000

CUADERNO 5

CALCULOS DE ARQUITECTURA NAVAL



Autor: Luis Rodríguez Ramos

Tutor: Leandro Ruiz Peñalver



INDICE

1. Especificaciones.....	1
2. Introducción	2
3. Tablas hidrostáticas.....	3
3.1. Trimado 1.00 metro	3
3.2. Trimado 0.50 metros.....	4
3.3. Trimado 0.00 metros.....	5
3.4. Trimado -0.50 metros.....	6
4. Tablas y curvas de brazo KN	8
4.1. Trimado 1.00 metro a estribor	9
4.2. Trimado 0,50 metros a estribor	10
4.3. Trimado 0.00 metros a estribor	11
4.4. Trimado -0.50 metros a estribor	12
5. Puntos de inundación progresiva.....	13
6. Calculo de francobordo	14
6.1. Dimensiones previas	14
6.2. Definición francobordo tabular.....	15
6.3. Correcciones del francobordo.....	15
6.4. Francobordos	17
7. Arqueo.....	18
7.1. Dimensiones previas	18
7.2. Definición de espacios.....	19
7.3. Arqueo bruto (GT)	19
8. Bibliografía	21



INDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Curvas hidrostáticas trimado 1.00 m	4
Figura 2 - Curvas hidrostáticas trimado 0.50 m	5
Figura 3 - Curvas hidrostáticas trimado 0.00 m	6
Figura 4 - Curvas hidrostáticas trimado -0.50 m	7
Figura 5 - Esquema brazo KN	8
Figura 6 - Curvas KN trimado 1.00 m	9
Figura 7 - Curvas KN trimado 0.50 m	10
Figura 8 - Curvas KN trimado 0.00 m	11
Figura 9 - Curvas KN trimado -0.50 m	12
Figura 10 - Ángulo de inundación	13

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 - Hidrostática trimado 1.00 m	3
Tabla 2 - Hidrostática trimado 0.50 m	4
Tabla 3 - Hidrostática trimado 0.00 m	5
Tabla 4 - Hidrostática trimado -0.50 m	6
Tabla 5 - KN trimado 1.00 m	9
Tabla 6 - KN trimado 0.50 m	10
Tabla 7 - KN trimado 0.00 m	11
Tabla 8 - KN trimado -0.50 m	12
Tabla 9 - Puntos de inundación	13
Tabla 10 - Corrección por arrufo	16
Tabla 11 - Corrección por francobordo	16



Tabla 12 - Volumen espacios cerrados..... 19



1. ESPECIFICACIONES

- Clasificación: Lloyds Register
- Pasajeros: 300
- Velocidad crucero: 24 nudos
- Autonomía: 450 millas náuticas
- Material constructivo: GRP
- Aspectos adicionales: Estudio por elementos finitos de los elementos estructurales más importantes.



2. INTRODUCCION

Una vez desarrollados los cuadernos de dimensionamiento, formas y disposición general se estudia los principios básicos de la arquitectura naval de la embarcación que se ha diseñado.

Para el cálculo de las hidrostáticas y los brazos KN se utiliza el programa de arquitectura naval Maxsurf.

El cálculo del arqueo y del francobordo se estudia por 'Convenio internacional sobre arqueo de buques, 1969' y 'Convenio internacional sobre líneas de carga, 1966/88' teniendo en cuenta las particularidades de la embarcación.



3. TABLAS HIDROSTATICAS

Las curvas hidrostáticas aportan las características de la carena a distintos niveles de flotación. Donde a través de flotaciones paralelas a la línea base y cambiando el trimado de la embarcación se obtiene todos los datos necesarios para el estudio de la flotación de cualquier embarcación.

Las curvas se van a tomar en función de calado en intervalos de 0.20 m y para los trimados de 1, 0.5, 0 y -0.5 metros.

Los valores de las curvan han sido calculado para una densidad de agua de mar de 1.025 t/m³.

3.1. Trimado 1.00 metro

Draft Amidships m	0.000	0.200	0.400	0.600	0.800	1.000	1.200	1.400
Displacement t	4.539	17.45	37.52	62.56	89.49	117.7	146.9	177.2
Heel deg	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Draft at FP m	-0.500	-0.300	-0.100	0.100	0.300	0.500	0.700	0.900
Draft at AP m	0.500	0.700	0.900	1.100	1.300	1.500	1.700	1.900
Draft at LCF m	0.234	0.396	0.540	0.705	0.899	1.100	1.299	1.500
Trim (+ve by stern) m	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
WL Length m	17.150	23.550	29.927	32.780	32.861	32.935	33.002	33.066
Beam max extents on WL m	8.849	9.221	9.296	9.332	9.551	9.577	9.604	9.762
Wetted Area m ²	41.893	90.285	134.703	166.942	195.502	224.358	252.561	281.834
Waterpl. Area m ²	40.594	81.773	113.758	127.977	134.700	140.349	144.798	150.402
Prismatic coeff. (Cp)	0.404	0.498	0.519	0.564	0.622	0.662	0.685	0.703
Block coeff. (Cb)	0.290	0.365	0.394	0.450	0.476	0.519	0.552	0.551
Max Sect. area coeff. (Cm)	0.720	0.760	0.793	0.819	0.835	0.822	0.813	0.824
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0.640	0.772	0.783	0.793	0.765	0.787	0.802	0.787
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	8.301	8.764	9.840	10.795	11.390	11.732	11.946	12.092
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	8.501	9.742	11.513	12.626	12.821	12.805	12.818	12.794
KB m	0.164	0.288	0.385	0.479	0.576	0.678	0.782	0.887
BMt m	110.470	58.404	37.825	25.576	18.868	14.990	12.420	10.735
BML m	130.296	176.355	188.586	149.224	113.128	90.607	74.404	64.071
KMt m	110.580	58.663	38.191	26.042	19.435	15.660	13.195	11.617
KML m	130.396	176.557	188.879	149.630	113.649	91.240	75.150	64.927
Immersion (TPc) tonne/cm	0.416	0.838	1.166	1.312	1.381	1.439	1.484	1.542
MTc tonne.m	0.183	0.955	2.200	2.900	3.142	3.309	3.391	3.523
Max deck inclination deg	1.7899	1.7899	1.7899	1.7899	1.7899	1.7899	1.7899	1.7899
Trim angle (+ve by stern) deg	1.7899	1.7899	1.7899	1.7899	1.7899	1.7899	1.7899	1.7899

Tabla 1 - Hidrostática trimado 1.00 m

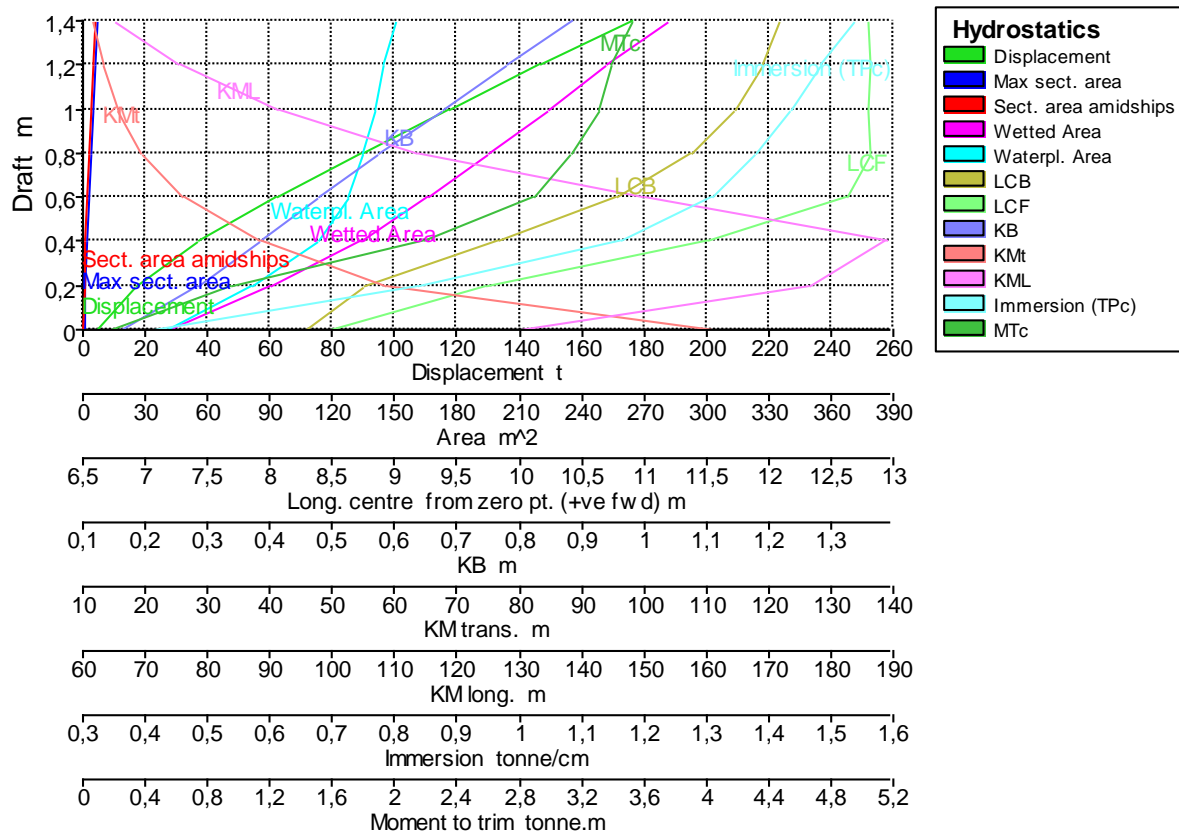


Figura 1 - Curvas hidrostáticas trimado 1.00 m

3.2. Trimado 0.50 metros

Draft Amidships m	0.000	0.200	0.400	0.600	0.800	1.000	1.200	1.400
Displacement t	1.244	11.44	31.45	56.07	83.03	110.9	139.7	169.8
Heel deg	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Draft at FP m	-0.250	-0.050	0.150	0.350	0.550	0.750	0.950	1.150
Draft at AP m	0.250	0.450	0.650	0.850	1.050	1.250	1.450	1.650
Draft at LCF m	0.093	0.235	0.439	0.644	0.845	1.045	1.248	1.447
Trim (+ve by stern) m	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500
WL Length m	10.848	26.081	32.788	32.866	32.939	33.006	33.069	33.130
Beam max extents on WL m	8.233	8.844	9.166	9.281	9.320	9.459	9.568	9.598
Wetted Area m²	23.978	79.704	128.002	162.344	192.516	219.876	249.314	278.685
Waterpl. Area m²	23.694	76.069	112.095	126.841	134.108	137.622	143.677	149.337
Prismatic coeff. (Cp)	0.556	0.480	0.539	0.627	0.682	0.715	0.737	0.749
Block coeff. (Cb)	0.384	0.353	0.413	0.494	0.554	0.572	0.585	0.608
Max Sect. area coeff. (Cm)	0.691	0.736	0.769	0.801	0.824	0.838	0.802	0.814
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0.801	0.739	0.765	0.809	0.831	0.805	0.805	0.826
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	9.372	12.050	13.093	13.208	13.167	13.153	13.123	13.094
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	10.043	13.768	13.489	13.200	13.092	13.114	12.944	13.008
KB m	0.069	0.163	0.277	0.394	0.508	0.618	0.728	0.837
BMt m	232.697	82.076	44.399	28.275	20.223	15.569	12.944	11.109
BML m	154.889	291.847	244.312	166.059	122.176	94.295	78.645	66.194
KMt m	232.738	82.229	44.671	28.665	20.729	16.186	13.670	11.945
KML m	154.939	291.974	244.559	166.433	122.670	94.901	79.363	67.023
Immersion (TPc) tonne/cm	0.243	0.780	1.149	1.300	1.375	1.411	1.473	1.531
MTc tonne.m	0.060	1.039	2.392	2.895	3.151	3.245	3.411	3.490
Max deck inclination deg	0.8952	0.8952	0.8952	0.8952	0.8952	0.8952	0.8952	0.8952
Trim angle (+ve by stern) deg	0.8952	0.8952	0.8952	0.8952	0.8952	0.8952	0.8952	0.8952

Tabla 2 - Hidrostática trimado 0.50 m

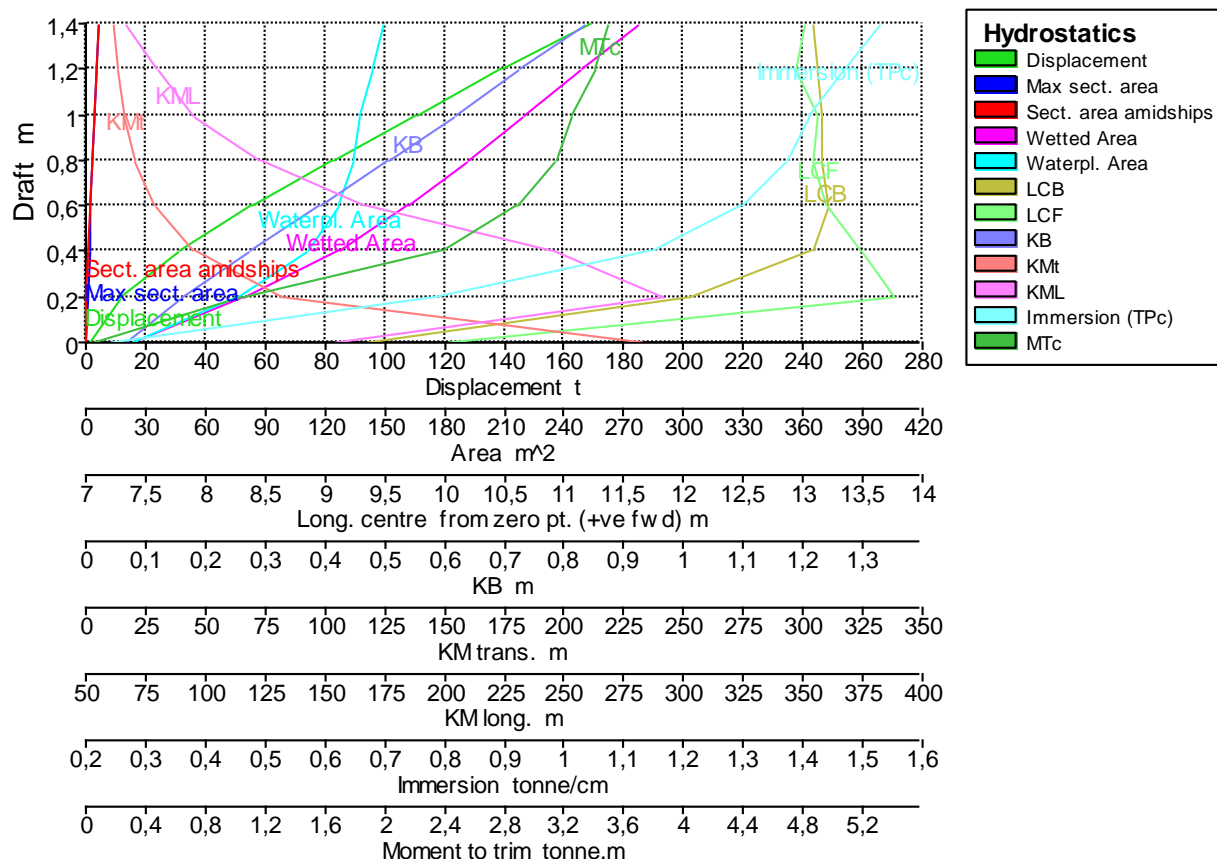


Figura 2 - Curvas hidrostáticas trimado 0.50 m

3.3. Trimado 0.00 metros

Draft Amidships m	0.000	0.200	0.400	0.600	0.800	1.000	1.200	1.400
Displacement t	0.0000	10.88	28.90	51.44	77.18	104.7	133.1	162.7
Heel deg	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Draft at FP m	0.000	0.200	0.400	0.600	0.800	1.000	1.200	1.400
Draft at AP m	0.000	0.200	0.400	0.600	0.800	1.000	1.200	1.400
Draft at LCF m	0.000	0.200	0.400	0.600	0.800	1.000	1.200	1.400
Trim (+ve by stern) m	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
WL Length m	0.000	26.766	29.006	32.951	33.017	33.080	33.142	33.206
Beam max extents on WL m	6.924	8.592	8.973	9.157	9.256	9.308	9.360	9.563
Wetted Area m ²	0.160	80.240	115.127	153.695	186.137	217.119	244.738	276.604
Waterpl. Area m ²	0.160	75.179	98.763	120.030	130.265	137.061	139.784	150.113
Prismatic coeff. (Cp)	0.000	0.786	0.760	0.706	0.737	0.762	0.778	0.788
Block coeff. (Cb)	0.000	0.576	0.578	0.555	0.600	0.633	0.656	0.634
Max Sect. area coeff. (Cm)	0.500	0.737	0.761	0.788	0.814	0.833	0.847	0.808
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0.000	0.816	0.810	0.796	0.831	0.850	0.847	0.839
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	19.692	17.401	16.643	15.858	15.182	14.706	14.402	14.178
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	19.561	16.736	15.682	14.147	13.599	13.269	13.291	13.156
KB m	0.000	0.117	0.234	0.352	0.469	0.582	0.693	0.804
BMT m	430310	84.938	42.393	29.147	21.132	16.404	13.179	11.647
BML m	14595.9	338.7	190.9	161.2	123.6	99.7	80.2	69.6
KMt m	430310	85.05	42.62	29.49	21.60	16.98	13.87	12.45
KML m	14595.9	338.9	191.2	161.5	124.1	100.3	80.9	70.4
Immersion (TPc) tonne/cm	0.002	0.771	1.012	1.230	1.335	1.405	1.433	1.539
MTc tonne.m	0.000	1.149	1.716	2.578	2.965	3.245	3.316	3.524
Max deck inclination deg	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Trim angle (+ve by stern) deg	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Tabla 3 - Hidrostática trimado 0.00 m

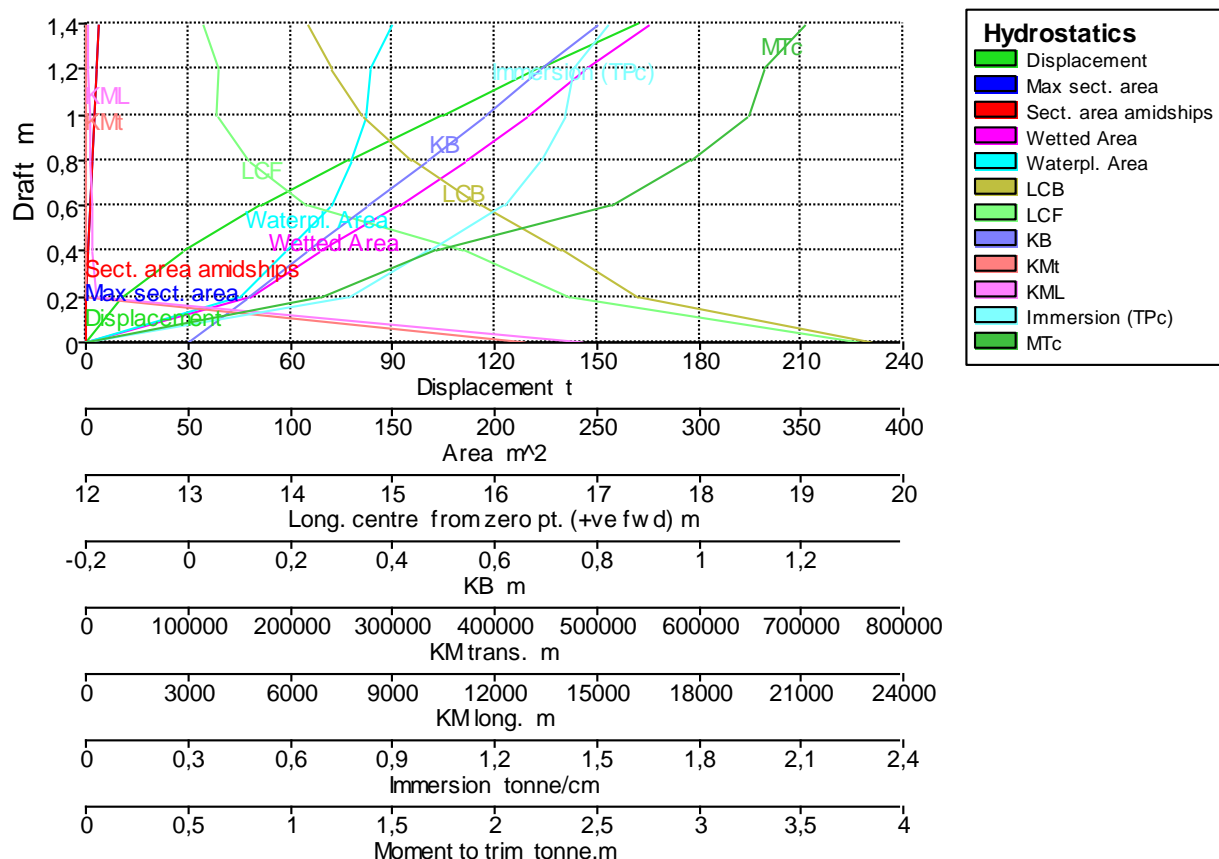


Figura 3 - Curvas hidrostáticas trimado 0.00 m

3.4. Trimado -0.50 metros

Draft Amidships m	0.000	0.200	0.400	0.600	0.800	1.000	1.200	1.400
Displacement t	2.630	12.81	29.40	49.67	73.08	99.30	127.2	156.4
Heel deg	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Draft at FP m	0.250	0.450	0.650	0.850	1.050	1.250	1.450	1.650
Draft at AP m	-0.250	-0.050	0.150	0.350	0.550	0.750	0.950	1.150
Draft at LCF m	0.118	0.241	0.414	0.598	0.776	0.966	1.160	1.362
Trim (+ve by stern) m	-0.500	-0.500	-0.500	-0.500	-0.500	-0.500	-0.500	-0.500
WL Length m	15.683	25.116	27.117	29.071	33.099	33.162	33.227	33.294
Beam max extents on WL m	8.052	8.625	8.948	9.127	9.224	9.282	9.331	9.527
Wetted Area m ²	31.277	77.861	112.119	141.908	177.477	210.294	242.269	272.634
Waterpl. Area m ²	28.838	68.508	91.242	106.311	122.817	132.108	139.490	146.935
Prismatic coeff. (Cp)	0.626	0.647	0.724	0.732	0.680	0.713	0.738	0.755
Block coeff. (Cb)	0.299	0.329	0.403	0.444	0.444	0.492	0.530	0.529
Max Sect. area coeff. (Cm)	0.768	0.774	0.785	0.800	0.820	0.835	0.849	0.809
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0.778	0.777	0.810	0.810	0.788	0.826	0.853	0.831
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	25.678	21.463	19.295	18.098	17.177	16.367	15.765	15.338
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	23.559	18.607	16.917	15.880	14.478	13.851	13.411	13.559
KB m	0.087	0.162	0.257	0.360	0.466	0.573	0.680	0.789
BMt m	133.556	65.722	38.425	26.644	21.020	16.674	13.757	11.835
BML m	174.100	218.141	153.467	119.120	113.745	96.928	84.212	71.009
KMt m	133.627	65.877	38.677	27.001	21.483	17.245	14.435	12.622
KML m	174.166	218.277	153.706	119.465	114.197	97.489	84.882	71.789
Immersion (TPc) tonne/cm	0.296	0.702	0.935	1.090	1.259	1.354	1.430	1.506
MTc tonne.m	0.142	0.869	1.401	1.836	2.581	2.988	3.326	3.450
Max deck inclination deg	0.8952	0.8952	0.8952	0.8952	0.8952	0.8952	0.8952	0.8952
Trim angle (+ve by stern) deg	-0.8952	-0.8952	-0.8952	-0.8952	-0.8952	-0.8952	-0.8952	-0.8952

Tabla 4 - Hidrostática trimado -0.50 m

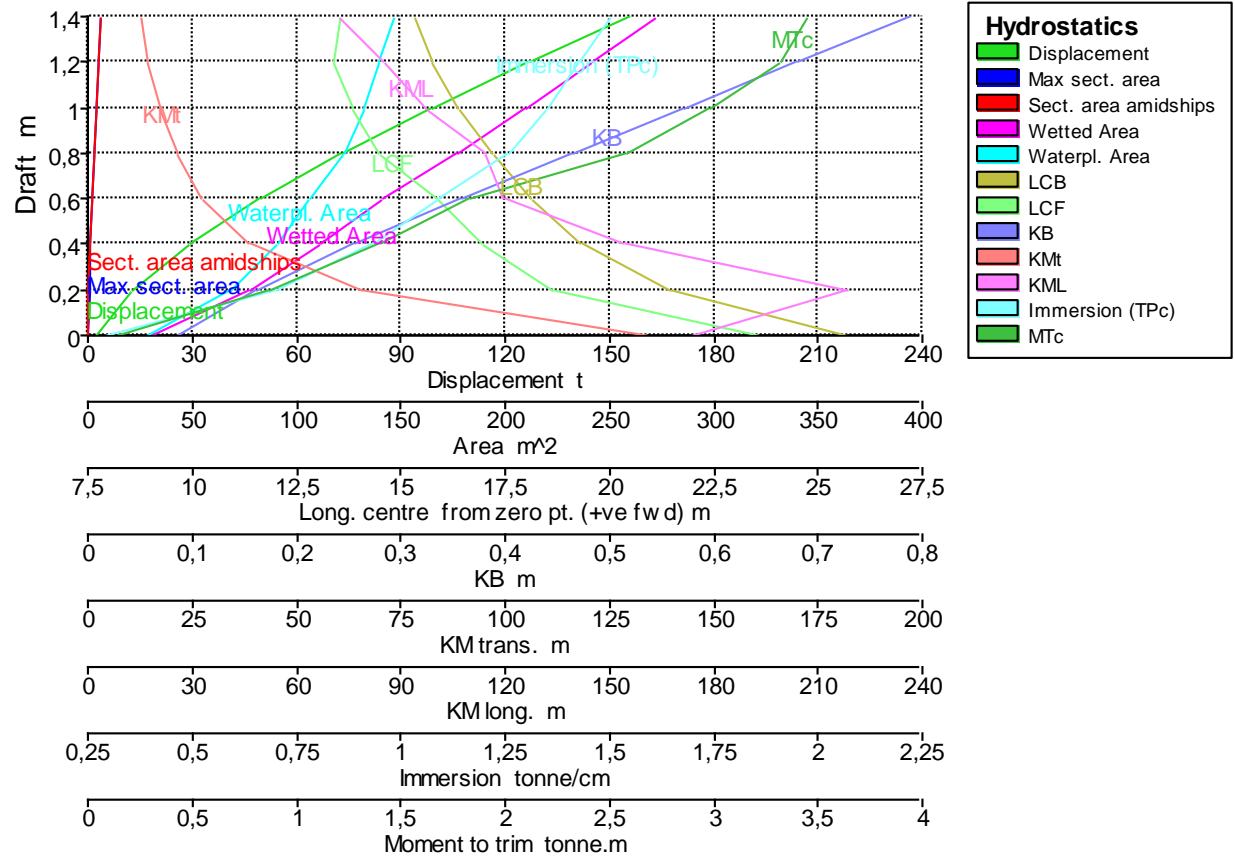


Figura 4 - Curvas hidrostáticas trimado -0.50 m



4. TABLAS Y CURVAS DE BRAZO KN

Las curvas inclinadas o pantocarenas consisten en el estudio hidrostático de la carena a diferentes escoras y trimados.

Al tratarse de un catamarán las escoras que asumirá la embarcación no serán demasiado grandes, por lo que se ha calculado hasta un ángulo máximo de 60° .

La siguiente ilustración representa el estudio de estas curvas:

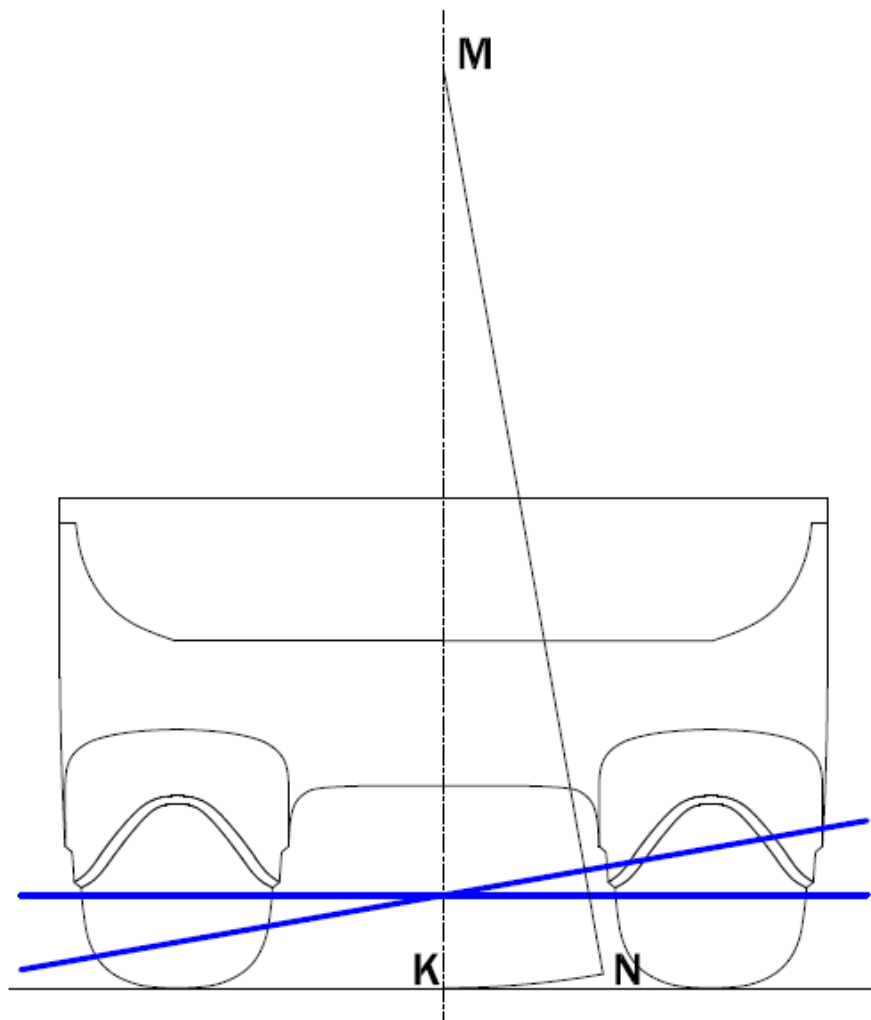


Figura 5 - Esquema brazo KN



4.1. Trimado 1.00 metro a estribor

Desplazamiento Tn	Calado medio (m)	KN 5 deg	KN 10 deg	KN 15 deg	KN 20 deg	KN 25 deg	KN 30 deg	KN 40 deg	KN 50 deg	KN 60 deg
17.45	0.20	3.553	3.656	3.722	3.757	3.76	3.728	3.581	3.352	3.078
37.52	0.40	2.914	3.605	3.654	3.679	3.682	3.665	3.57	3.398	3.181
62.56	0.60	2.19	3.558	3.649	3.672	3.674	3.657	3.571	3.434	3.272
89.49	0.80	1.688	3.153	3.674	3.703	3.709	3.693	3.608	3.479	3.337
117.7	1.00	1.365	2.693	3.606	3.747	3.76	3.751	3.672	3.545	3.385
146.9	1.20	1.157	2.311	3.333	3.795	3.819	3.819	3.754	3.622	3.426
177.2	1.40	1.014	2.027	3.014	3.721	3.882	3.893	3.844	3.699	3.465
208.5	1.60	0.91	1.817	2.724	3.534	3.939	3.969	3.928	3.772	3.507
240.8	1.80	0.831	1.659	2.493	3.311	3.884	4.032	3.997	3.833	3.553
274.1	2.00	0.769	1.54	2.316	3.094	3.736	4.046	4.042	3.882	3.6
309.7	2.20	0.723	1.447	2.175	2.895	3.521	3.914	4.048	3.91	3.647
350.8	2.40	0.682	1.368	2.051	2.696	3.247	3.647	3.969	3.884	3.661

Tabla 5 - KN trimado 1.00 m

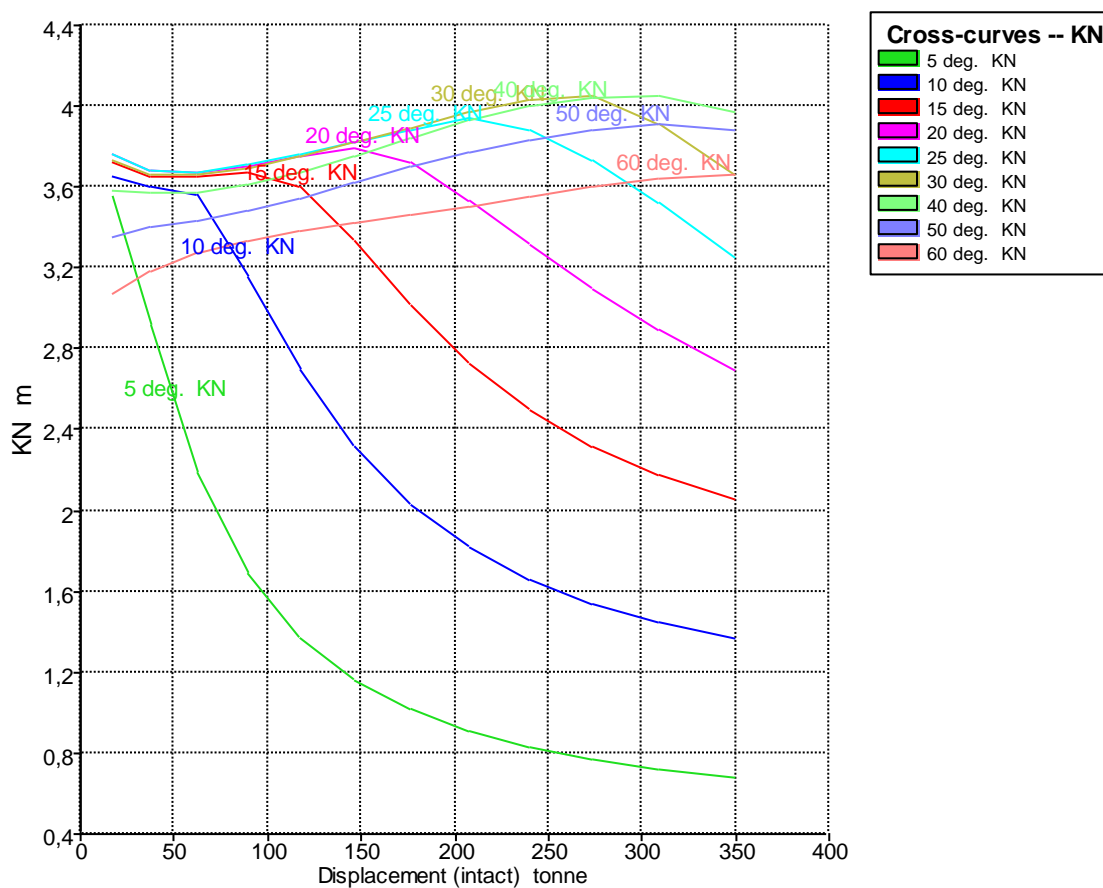


Figura 6 - Curvas KN trimado 1.00 m



4.2. Trimado 0,50 metros a estribor

Desplazamiento Tn	Calado medio (m)	KN 5 deg	KN 10 deg	KN 15 deg	KN 20 deg	KN 25 deg	KN 30 deg	KN 40 deg	KN 50 deg	KN 60 deg
11.44	0.20	3.571	3.67	3.732	3.758	3.747	3.7	3.516	3.243	2.935
31.45	0.40	3.277	3.604	3.649	3.669	3.664	3.633	3.507	3.312	3.071
56.07	0.60	2.403	3.591	3.632	3.651	3.648	3.626	3.528	3.366	3.175
83.03	0.80	1.792	3.322	3.658	3.682	3.683	3.663	3.569	3.425	3.27
110.9	1.00	1.426	2.809	3.683	3.729	3.738	3.723	3.635	3.498	3.351
139.7	1.20	1.195	2.398	3.441	3.778	3.799	3.794	3.72	3.586	3.414
169.8	1.40	1.043	2.091	3.101	3.794	3.863	3.87	3.816	3.681	3.461
200.9	1.60	0.934	1.866	2.801	3.615	3.929	3.949	3.912	3.764	3.504
233.2	1.80	0.851	1.698	2.554	3.381	3.951	4.026	3.992	3.829	3.55
266.5	2.00	0.786	1.571	2.363	3.163	3.826	4.079	4.045	3.879	3.595
300.7	2.20	0.736	1.475	2.219	2.972	3.626	4.011	4.063	3.914	3.641
337	2.40	0.7	1.402	2.106	2.8	3.385	3.78	4.023	3.907	3.667

Tabla 6 - KN trimado 0.50 m

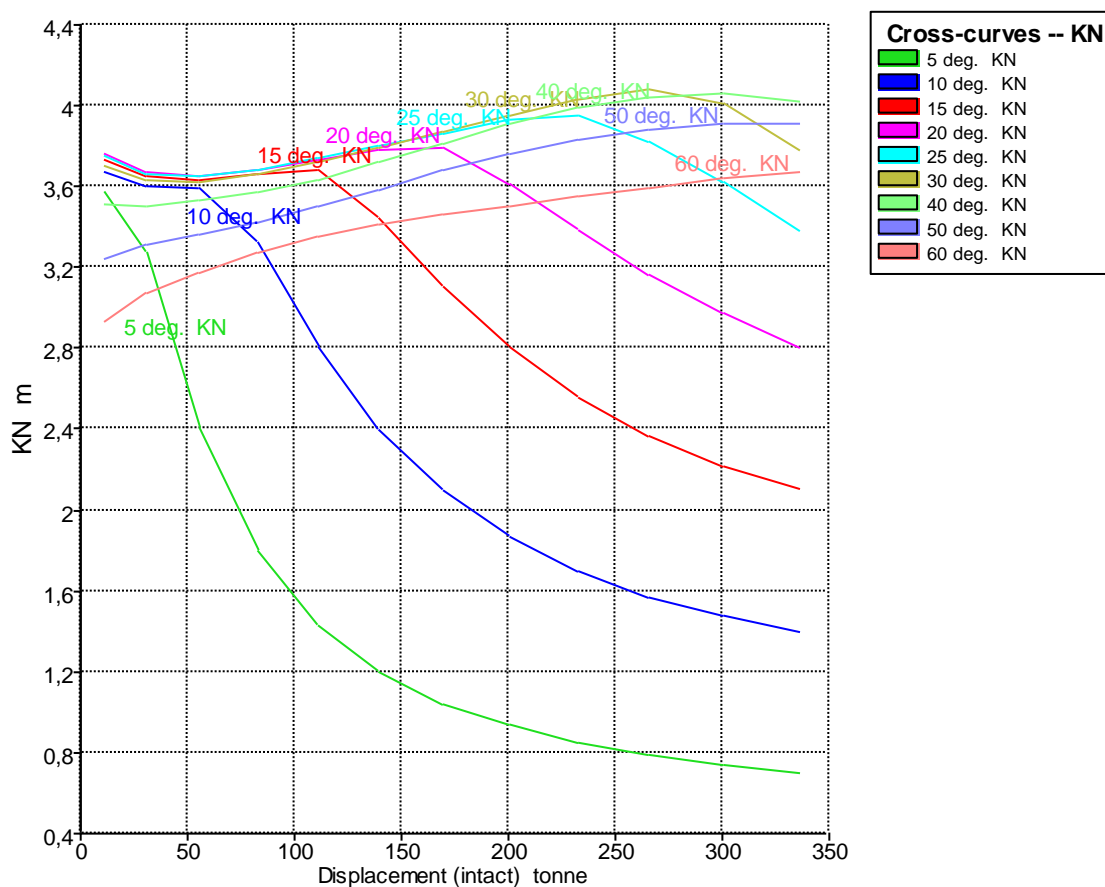


Figura 7 - Curvas KN trimado 0.50 m



4.3. Trimado 0.00 metros a estribor

Desplazamiento Tn	Calado medio (m)	KN 5 deg	KN 10 deg	KN 15 deg	KN 20 deg	KN 25 deg	KN 30 deg	KN 40 deg	KN 50 deg	KN 60 deg
51.44	0.60	2.425	3.585	3.623	3.64	3.633	3.602	3.484	3.298	3.085
77.18	0.80	1.846	3.386	3.645	3.666	3.665	3.643	3.542	3.382	3.2
104.7	1.00	1.476	2.853	3.685	3.716	3.721	3.704	3.612	3.469	3.314
133.1	1.20	1.236	2.453	3.489	3.766	3.784	3.778	3.698	3.563	3.404
162.7	1.40	1.071	2.15	3.149	3.818	3.849	3.854	3.796	3.666	3.463
193.9	1.60	0.957	1.916	2.856	3.66	3.917	3.934	3.896	3.758	3.508
225.9	1.80	0.873	1.742	2.618	3.427	3.977	4.014	3.985	3.826	3.551
259.4	2.00	0.805	1.608	2.419	3.212	3.875	4.081	4.044	3.877	3.592
293.8	2.20	0.754	1.508	2.263	3.027	3.682	4.066	4.07	3.913	3.635
329.4	2.40	0.713	1.428	2.145	2.864	3.451	3.842	4.043	3.917	3.668

Tabla 7 - KN trimado 0.00 m

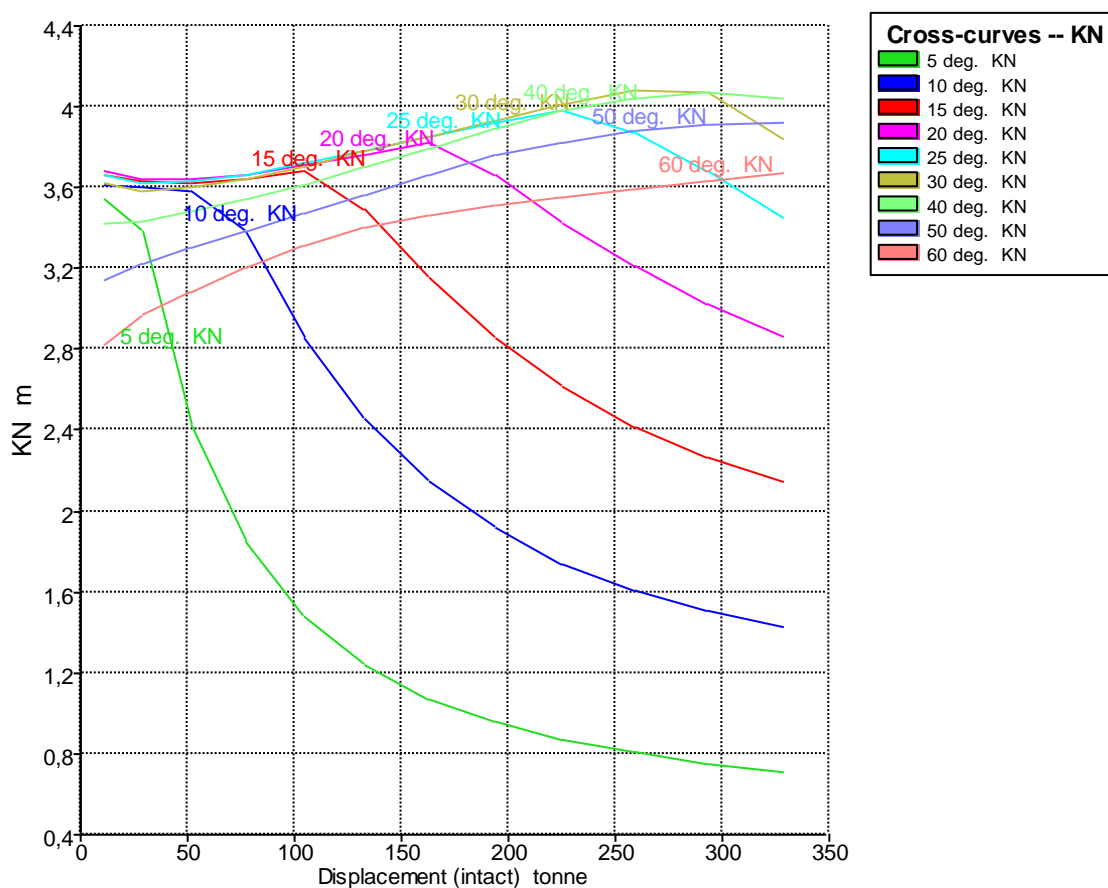


Figura 8 - Curvas KN trimado 0.00 m



4.4. Trimado -0.50 metros a estribor

Desplazamiento Tn	Calado medio (m)	KN 5 deg	KN 10 deg	KN 15 deg	KN 20 deg	KN 25 deg	KN 30 deg	KN 40 deg	KN 50 deg	KN 60 deg
12.81	0.20	3.523	3.583	3.614	3.615	3.587	3.53	3.334	3.05	2.744
29.4	0.40	3.03	3.58	3.612	3.616	3.593	3.543	3.381	3.15	2.898
49.67	0.60	2.295	3.584	3.62	3.631	3.619	3.582	3.449	3.252	3.033
73.08	0.80	1.807	3.307	3.641	3.661	3.659	3.635	3.525	3.353	3.162
99.3	1.00	1.485	2.84	3.671	3.707	3.712	3.695	3.605	3.457	3.287
127.2	1.20	1.262	2.466	3.471	3.76	3.776	3.769	3.692	3.56	3.392
156.4	1.40	1.1	2.184	3.165	3.801	3.842	3.846	3.788	3.661	3.466
187.4	1.60	0.981	1.961	2.889	3.663	3.911	3.927	3.887	3.754	3.516
219.3	1.80	0.895	1.788	2.662	3.453	3.966	4.005	3.976	3.824	3.555
252.8	2.00	0.827	1.649	2.474	3.246	3.877	4.074	4.039	3.875	3.593
287.6	2.20	0.773	1.544	2.314	3.063	3.701	4.072	4.071	3.911	3.631
323.5	2.40	0.73	1.461	2.186	2.901	3.476	3.865	4.053	3.921	3.667

Tabla 8 - KN trimado -0.50 m

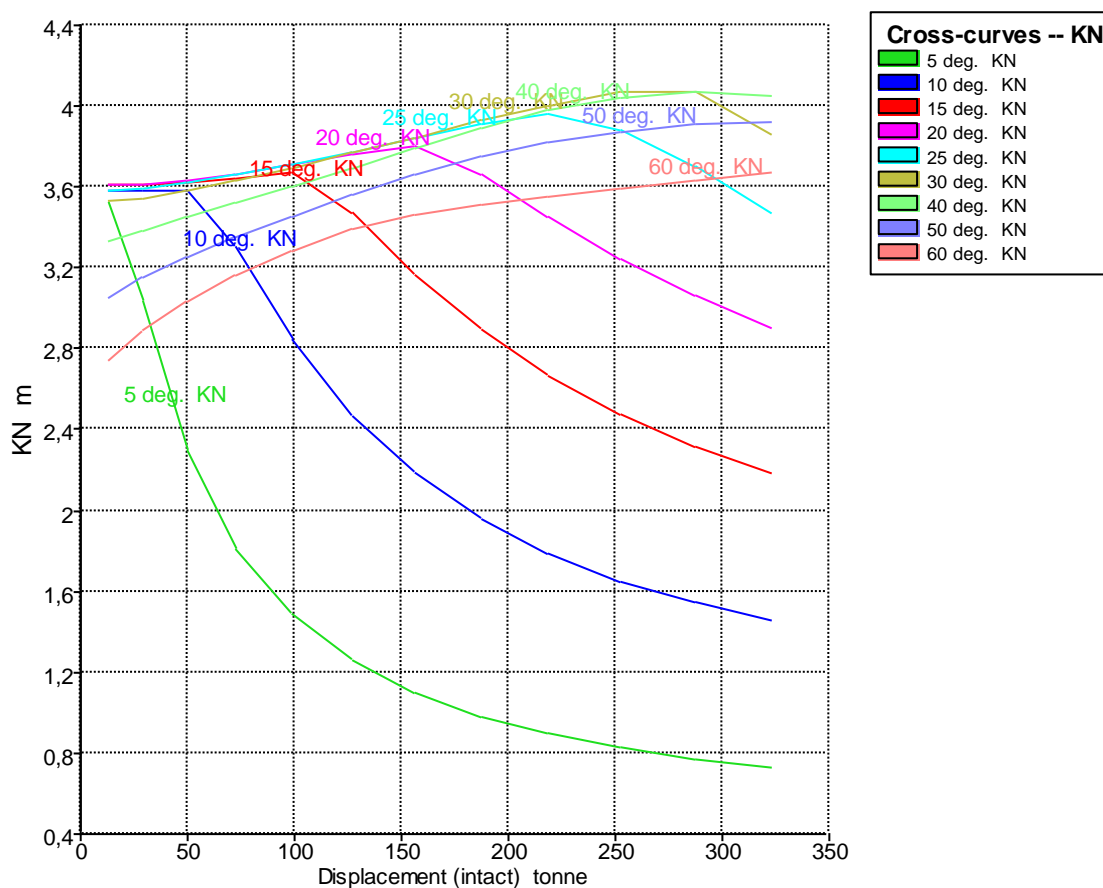


Figura 9 - Curvas KN trimado -0.50 m



5. PUNTOS DE INUNDACION PROGRESIVA

Los puntos de inundación progresiva son un parámetro fundamental en el estudio del ángulo límite de la embarcación. Estos puntos expresan el ángulo con respecto a la horizontal de la flotación al punto donde se encuentra la abertura por la que se producirá una entrada de agua.

En los catamaranes este ángulo es bastante grande, por lo que normalmente no genera un gran problema.

Siguiendo la normativa HSC, se han definido los puntos de inundación progresiva, que correspondo a las tomas de aire de la cámara de máquinas. Según normativa la ventilación debe estar a 1 metros por encima de la cubierta de francobordo.

PUNTO INUNDACION PROGRESIVA	POS. X	POS. Y	POS. Z
Ventilación CC.MM Br	4.35	-4.93	4.7
Ventilación CC.MM Er	4.45	4.93	4.7

Tabla 9 - Puntos de inundación

En el siguiente grafico se definen los ángulos límites de inundación progresiva para distintos desplazamientos.

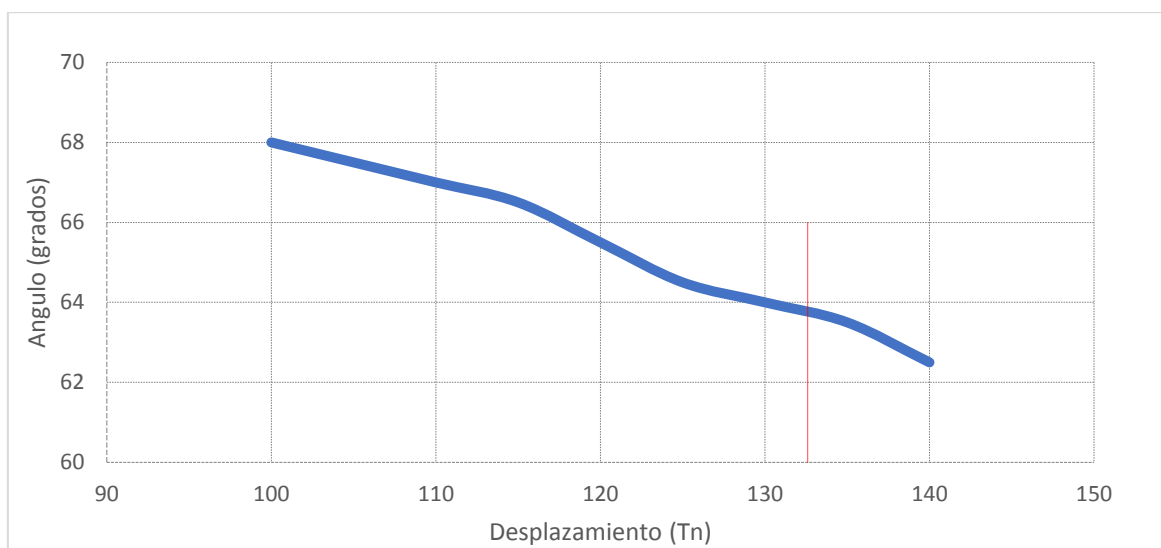


Figura 10 - Ángulo de inundación

Para el desplazamiento de proyecto 132.6 tn el ángulo de inundación progresiva es 63.7°.



6. CALCULO DE FRANCOBORDO

El cálculo del francobordo se establecerá por el 'Convenio internacional sobre líneas de carga, 1966/88'.

6.1. Dimensiones previas

Puntal mínimo de trazado

Puntal medido del canto alto de la quilla hasta la cara inferior de la cubierta superior en el costado.

Además, se calcula el 85% del puntal que se necesitará para el cálculo de la eslora L.

$$D = 3.70 \text{ m}$$

$$85\% \times D = 3.145 \text{ m}$$

Eslora L

Se define como el mayor valor de:

- El 96% de la eslora total medida en una flotación cuya distancia al canto alto de la quilla sea igual al 85% del puntal mínimo de trazado.

$$96\% \times L = 32.56 \text{ m}$$

- La eslora medida en esa flotación desde la cara proel de la roda hasta el eje de la mecha del timón.

$$L = 32.78 \text{ m}$$

Siendo, por lo tanto, la eslora (L) es 32.78 m.

Manga

Es la manga máxima del buque, medida desde el centro del mismo, fuera de forros.

$$B = 9.87 \text{ m}$$



6.2. Definición francobordo tabular

El francobordo tabular se define según la Regla 28 del convenio. Siguiendo lo definido según convenio el buque es del tipo B. Para la eslora L de 32.78 metros el francobordo tabular correspondiente es 271.24 m.

$$\text{Francobordo} = 271.24 \text{ mm}$$

6.3. Correcciones del francobordo

Corrección al francobordo para buques de eslora inferior a 100 m

La corrección de la regla 29 no se aplica al tener una longitud de superestructura cerrada mayor al 35% de la eslora.

Corrección por coeficiente de bloque

La corrección de la regla 30 no se aplica al tener un coeficiente de bloque menor a 0.68.

Corrección por puntal

Cuando D exceda de L/15, siendo D = 3.70 metros y L/15 = 2.18 metros, el francobordo se aumentará siguiendo la siguiente expresión.

$$\left(D - \frac{L}{15}\right) \times R$$

*Donde $R = \frac{L}{0.48}$, siendo 68.29

$$\text{Corrección por puntal} = + 103.44 \text{ mm}$$

Corrección por posición de la línea de cubierta

No se aplica la regla 32 del convenio.

Corrección por nicho en la cubierta de francobordo

No se aplica la regla 32-1 del convenio.

Reducción por superestructuras y troncos

Siguiendo la regla 37 del presente convenio, para una eslora de superestructura de un tamaño 1L, corresponde una reducción del francobordo de 423.4 mm.



Cuando la superestructura es inferior a 1L, en función de unos porcentajes se aplica la corrección. Dado que el porcentaje de la eslora de la superestructura es 83.60% de L, la corrección por superestructura es:

$$\text{Corrección por superestructura} = - 354.8 \text{ mm}$$

Corrección por arrufo

En primer lugar, se calcula la diferencia de arrufo que establece el convenio, se compara el arrufo normal con el arrufo real.

	Ppp	1/6 E (Ppp)	1/3 E (Ppp)	Secc.Media	1/3 E (Ppr)	1/6 E (Ppr)	Ppr
Arrufo normal (mm)	523,20	232,30	58,60	0,00	117,20	464,60	1046,40
Arrufo real (mm)	0	0	0	0	0	0	0
Factores	1	3	3	1	3	3	1
Arrufos reglmts x fact.	523,20	696,90	175,80	0,00	351,59	1393,80	1046,40
Arrufos reales x fact.	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 10 - Corrección por arrufo

A continuación, se realiza el sumatorio de los arrufos de popa y proa y se procede a la diferencia entre los reglamentarios y los reales.

- Exceso de arrufo a popa = -174.5 mm
- Exceso de arrufo a proa = -349.0 mm
- Exceso de arrufo de la cubierta total = -261.7 mm

Se procede a la corrección de defecto de arrufo, siendo esta:

$$\text{Corrección por arrufo} = + 82.8 \text{ mm}$$

FRANCOBORDO	(mm)
Francobordo tabular	271.24
Corrección por esloras	0.00
Corrección por coeficiente de bloque	0.00
Corrección por puntal	103.44
Corrección por superestructura y troncos	-354.00
Corrección por arrufo	82.80
Francobordo geométrico	103.48

Tabla 11 - Corrección por francobordo

Al francobordo geométrico es el mínimo que debe tener la embarcación por el convenio de líneas de carga. A este se le aplica otra restricción por escantillado y la estabilidad. Ya que este francobordo es más restrictivo, será el francobordo de verano.

$$\text{Corrección por escantillado y estabilidad} = + 2505.0 \text{ mm}$$



6.4. Francobordos

Francobordo de verano FBDO_V

Ha sido calculado por los criterios de escantillonado y estabilidad. Este francobordo da como resultado el calado de diseño de 1195 mm.

$$\text{FBDO}_V = 2505 \text{ mm}$$

Francobordo tropical FBDO_{TR}

El francobordo tropical se obtiene restando al francobordo de verano 1/48 del calado de verano, medido desde el canto alto de la quilla al centro del anillo de la marca de francobordo.

$$\text{FBDO}_{TR} = \text{FBDO}_V - \frac{T_V}{48} = 2480 \text{ mm}$$

Francobordo de invierno FBDO_I

El francobordo invierno se obtiene sumando al francobordo de verano 1/48 del calado de verano, medido desde el canto alto de la quilla al centro del anillo de la marca de francobordo.

$$\text{FBDO}_I = \text{FBDO}_V + \frac{T_V}{48} = 2530 \text{ mm}$$

Francobordo de invierno en el Atlántico Norte FBDO_{IAN}

El francobordo de invierno en el Atlántico Norte para buques de eslora no superior a 100 m que naveguen por cualquier parte del Atlántico Norte durante el periodo estacional de invierno será el francobordo de invierno más 50 mm.

$$\text{FBDO}_{IAN} = \text{FBDO}_I + 50 = 2580 \text{ mm}$$

Francobordo de agua dulce FBDO_{AD}

El francobordo mínimo en agua dulce, de densidad igual a la unidad se obtiene restando al francobordo mínimo en agua salada los siguiente:

$$\text{FBDO}_{AG} = \text{FBDO}_V - \frac{\Delta}{40T} = 2274 \text{ mm}$$

*Donde $\Delta = 132.4 \text{ tn}$, es el desplazamiento en agua salada, en toneladas, en la flotación de verano.

$T = 1.432 \text{ tn/cm}$, las toneladas por centímetro de inmersión en agua salada, en la flotación de verano.

Francobordo de agua dulce tropical FBDO_{ADTR}

El francobordo de agua dulce tropical se obtiene de restar del francobordo para agua dulce 1/48 de la diferencia entre el puntal a la cubierta de francobordo y el de francobordo para agua dulce.

$$\text{FBDO}_{ADTR} = \text{FBDO}_{AD} - \frac{T_V}{48} = 2449 \text{ mm}$$



7. ARQUEO

Lo siguiente a calcular es el arqueo del buque por el 'Convenio internacional sobre arqueo de buques, 1969'. En este estudio se va a calcular el arqueo bruto y el arqueo neto. El barqueo bruto hace alegación al tamaño total del buque de acuerdo con el convenio. En cambio, el arqueo neto hace a referencia a la capacidad utilizable del buque.

Para ello, a través de una serie de expresiones y aplicando distintos parámetros en función del tipo de buque se obtienen los distintos cálculos de los arqueos.

Según normativa y siguiendo porcentajes específicos de ciertas dimensiones de la embarcación, se distingue tres tipos de espacios. Los espacios cerrados, los espacios excluidos y los espacios que deben considerarse cerrados.

7.1. Dimensiones previas

Puntal mínimo de trazado

Puntal medido del canto alto de la quilla hasta la cara inferior de la cubierta superior en el costado.

Además, se calcula el 85% del puntal que se necesitará para el cálculo de la eslora de arqueo.

$$D = 3.70 \text{ m}$$

$$85\% \times D = 3.145 \text{ m}$$

Eslora de arqueo

Se define como el mayor valor de:

- El 96% de la eslora total en una flotación correspondiente al 85% del puntal de trazado.

$$96\% \times L_{(85\% \times D)} = 32.78 \text{ m}$$

- La eslora entre perpendiculares

$$L_{pp} = 32.00 \text{ m}$$

Siendo, por lo tanto, la eslora de arqueo (L) 32.78 m.

Manga

Es la manga máxima del buque, medida desde el centro del mismo, fuera de forros.

$$B = 9.87 \text{ m}$$



7.2. Definición de espacios

En la siguiente tabla se han descrito todos los espacios que se consideran cerrados o que deben considerarse cerrados.

ESPACIOS CERRADOS	VOLUMEN TOTAL (m ³)
Locales del servo-timón	39.89
D.F. Locales del servo	16.46
Cámaras de maquinas	91.10
Pañoles N°1	56.27
Pañoles N°2	48.39
Pañoles N°3	43.07
D.F. Pañoles N°1	24.77
D.F. Pañoles N°2	22.56
D.F. Pañoles N°3	15.46
Piques de proa	10.50
Túnel central	71.87
Salón de cubierta principal	520.00
Salón de cubierta superior	442.00
Aseos	13.82
Módulo tripulación	21.37
Zona equipajes	43.72
Puente de mando	52.80
Aspiración CC.MM.	2.00
TOTAL	1536.05

Tabla 12 - Volumen espacios cerrados

7.3. Arqueo bruto (GT)

$$GT = K_1 \times V$$

*Donde, V = Volumen de todos los espacios cerrados expresado en m³, siendo 1536.05 m³.

$$K_1 = 0,2 + 0,02 \log_{10} \times V$$

$$GT = 405.1$$

7.4 Arqueo neto (GT)

$$NT = K_2 \times V_c \times \left(\frac{4d}{3D}\right)^2 + K_3 \times \left(N_1 + \frac{N_2}{10}\right)$$



*Donde, V_c = Volumen de los espacios de carga m^3 , siendo 0 por la ausencia de carga.

$$K_2 = 0.2 + 0.02 \log_{10} \times V_c$$

$$K_3 = 1.25 \times \frac{GT+10000}{10000}, \text{ siendo } 1.26.$$

D = Puntal de trazado, siendo 3.70 m

d = Calado de trazado, siendo 1.195 m

N_1 = Número de pasajeros en camarote, siendo este 0.

N_2 = Número de pasajeros, siendo este 300.

Condiciones,

- El valor de $\left(\frac{4d}{3D}\right)^2$, no se tomará superior a 1. El valor es 0.185.
- La expresión $K_2 \times V_c \times \left(\frac{4d}{3D}\right)^2$ no será inferior a 0.25 GT, siendo 101.275.
- NT no se tomará inferior a 0,30 GT, el mínimo es 121.53.

Finalmente,

$$GT = 139.08$$

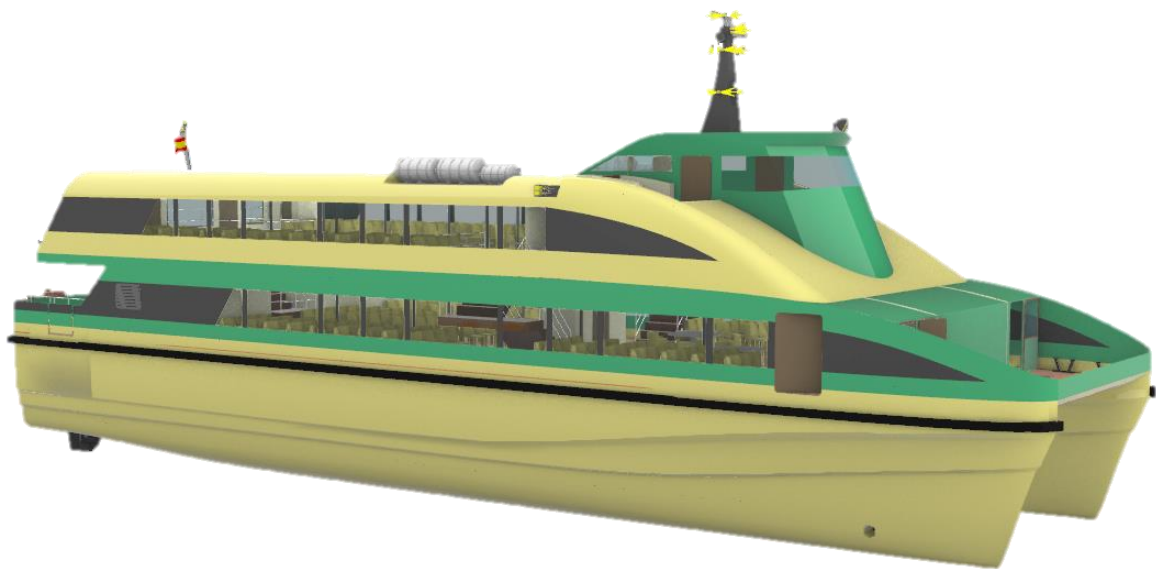


8. BIBLIOGRAFIA

1. Resolución MSC.97(73) "Código Internacional de Seguridad para Naves de Gran Velocidad", diciembre 2000.
2. Lloyd's Register: "Rules and Regulations for the Classification of Special Service Craft". Julio 2019.
3. Resolución. 143(77): "Convenio Internacional sobre Líneas de Carga, 1966/88".
4. OMI: "Convenio Internacional sobre Arqueo de Buques, 1969".

CUADERNO 6

RESISTENCIA ESTRUCTURAL



Autor: Luis Rodríguez Ramos

Tutor: Leandro Ruiz Peñalver



INDICE

1. Especificaciones.....	1
2. Introducción	2
3. Datos básicos.....	3
3.1. Datos básicos.....	3
3.2. Clasificación.....	3
3.3. Altura de ola	4
3.4. Presiones de diseño.....	5
4. Materiales	8
4.1. Mats 300 y 600	8
4.2. Tejido triaxial 840 de fibra de vidrio	9
4.3. Unidireccional 1200 de fibra de vidrio	9
4.4. Unidireccional 600 de fibra de carbono.....	10
4.5. Poliuretano.....	10
4.6. Pvc	10
4.7. Aluminio	11
4.8. Resina de poliéster.....	11
4.9. Resina de viniléster	12
5. Resistencia local	13
5.1. Propiedades mecánicas de los laminados sándwich.....	15
5.2. Propiedades mecánicas generales de los refuerzos.....	18
5.3. Resultados de la resistencia local.....	21
6. Resistencia global.....	22
6.1. Resistencia longitudinal.....	22
6.2. Resistencia transversal.....	22
7. Comparacion estructural de la S.C. con método de elementos finitos.....	29



7.1. Forro del mamparo, elemento 33	29
7.2. Refuerzo transversal mamparo, elemento 36	31
7.3. Bulárcama del fondo, elemento 3	33
8. Bibliografía	37
ANEXOS	38
ANEXO 1 - Esfuerzos límites de los coeficientes de cargas locales	
ANEXO 2 - Coeficientes de fuerzas cortantes, momentos flectores y deflexión	
ANEXO 3 - Geometría y composición de los elementos estructurales	
ANEXO 4 - Características mecánicas de los elementos estructurales	
ANEXO 5 - Características mecánicas de los elementos estructurales de la resistencia transversal	
ANEXO 6 - Cálculos de la estructura transversal	



INDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Presiones de diseño globales	5
Figura 2 - Vista estructura embarcación	13
Figura 3 - Vista estructura embarcación II	13
Figura 4 - Estructura cuaderna maestra.....	14
Figura 5 - Representación de la estructura resistente transversal	24
Figura 6 – Numeración de los elementos.....	24
Figura 7 - Coordenadas locales de los elementos.....	25
Figura 8 - Desplazamiento de los nodos	26
Figura 9 - Tensiones de la estructura transversal	27
Figura 10 - Tensión máxima de la estructura transversal	27
Figura 11 - Cargas de la estructura transversal.....	28
Figura 12 - Fuerza cortante de la estructura transversal	28
Figura 13 - Tensiones por FEM del elemento 33.....	30
Figura 14 - Deformaciones por FEM del elemento 33	30
Figura 15 - Restricciones del elemento 36	31
Figura 16 - Presiones de diseño del elemento 36	31
Figura 17 - Tensiones por FEM del elemento 36.....	32
Figura 18 - Deformaciones por FEM del elemento 36	32
Figura 19 - Restricciones del elemento 3	33
Figura 20 - Presiones de diseño del elemento 3	34
Figura 21 - Mallado del elemento 3	34
Figura 22 - Tensiones por FEM del elemento 3.....	35
Figura 23 - Deformaciones por FEM del elemento 3	35



INDICE DE TABLAS

Tabla 1 - Datos de partida	3
Tabla 2 - Clasificación de la embarcación	4
Tabla 3 - Altura de ola de diseño.....	4
Tabla 4 - Presiones de diseño locales.....	6
Tabla 5 - Presiones de diseño locales II.....	7
Tabla 6 - Propiedades matt 300	8
Tabla 7 - Propiedades matt 600	8
Tabla 8 - Propiedades triaxial 840.....	9
Tabla 9 - Propiedades unidireccional 1200	9
Tabla 10 - Propiedades unidireccional 600	10
Tabla 11 - Propiedades poliuretano	10
Tabla 12 - Propiedades PVC	11
Tabla 13 - Propiedades aluminio.....	11
Tabla 14 - Propiedades resina poliéster.....	12
Tabla 15 - Propiedades resina viniléster	12
Tabla 16 - Numeración elementos estructurales.....	14
Tabla 17 - Espesor del laminado mínimo reglamentario	16
Tabla 18 - Tensiones límites materiales sandwich	18
Tabla 19 - Coeficientes de flexión	20
Tabla 20 - Solicitaciones externas	23
Tabla 21 - Resultados por torsión	26
Tabla 22 - Desplazamientos de los nodos	26
Tabla 23 - Resultados finales.....	27
Tabla 24 - Resultados del elemento 33 por FEM	30



Tabla 25 - Resultados del elemento 36 por FEM	32
Tabla 26 - Resultados del elemento 3 por FEM	36



1. ESPECIFICACIONES

- Clasificación: Lloyds Register
- Pasajeros: 300
- Velocidad crucero: 24 nudos
- Autonomía: 450 millas náuticas
- Material constructivo: GRP
- Aspectos adicionales: Estudio por elementos finitos de los elementos estructurales más importantes.



2. INTRODUCCION

El cuaderno de resistencia estructural es uno de los puntos clave del proyecto donde el proyectista marca la diferencia en base a las decisiones que adopte en el diseño de la estructura. El factor fundamental en el diseño estructural es conseguir el compromiso entre resistencia, peso, empacho, costes y materiales. Para conseguir este compromiso el diseñador debe tener muy en cuenta el objetivo del proyecto, las condiciones a las que se enfrenta la embarcación y la vida útil del del buque.

A lo largo del siguiente cuaderno se combina la búsqueda del del compromiso óptimo nombrado anteriormente y los reglamentos de los diferentes estamentos que intervienen en el diseño de la embarcación.

La embarcación a diseñar se calcula en base al reglamento Special Service Craft de la sociedad de clasificación Lloyd's Register. Para este cálculo se cuenta con el programa de resistencia estructural SSC de la propia sociedad de clasificación. En el mismo se escantillona la embarcación y se obtienen las características mecánicas de cada uno de los elementos.

El programa SSC se centra en la resistencia local del buque, la resistencia global se ha de calcular siguiendo los parámetros de la sociedad de clasificación.

Además de calcular la resistencia por el reglamento del Lloyd's Register, se estudian ciertos elementos principales por el método de los elementos finitos con el objetivo de comparar los resultados de la sociedad de clasificación con este método de cálculo estructural.



3. DATOS BASICOS

Para comenzar con el cálculo estructural que marca el reglamento Special Service Craft del Lloyd Register. Se debe introducir una serie de datos que se obtendrán de cuadernos anteriores, del programa de arquitectura naval usado o mediante una serie de expresiones dadas por el reglamento.

3.1. Datos básicos

Concepto	Datos	Unidades
Eslora del casco	34.00	m
Eslora entre perpendiculares	32.00	m
Eslora en la línea de agua de verano	33.14	m
Eslora de las reglas	32.00	m
Puntal	4.70	m
Manga	6.00	m
Calado de verano	1.195	m
Velocidad máxima	28.00	nudos
Desplazamiento	132.24	tn
Densidad del agua	1025	kg/m ³
Coeficiente de bloque	0.655	
Coeficiente de Taylor	4.864	
Número de Froude	0.799	
Número de cascos	2	
Buque a vela	No	
Buque con codillo	Si	
Ángulo de astilla muerta	19	grados

Tabla 1 - Datos de partida

3.2. Clasificación

Grupo de servicio

El grupo de servicio al que pertenece esta nave es el equivalente al Grupo de Servicio 3, correspondiente a embarcaciones destinadas al servicio en aguas donde el rango de refugio es de 150 millas náuticas o menos.

Tipo de servicio

Como ya se ha expuesto en el cuaderno 1, la embarcación tiene una clasificación de pasaje categoría A.

Naves de gran velocidad (HSC)

Las naves de gran velocidad son aquellas que son capaces de desarrollar una velocidad, máxima en metros por segundos (m/s) igual o superior a la siguiente expresión:

$$3.7 \nabla^{0.1667}$$



*Donde, ∇ = Volumen de la embarcación expresado en m^3 , siendo 129.015 m^3 .

Se obtiene una velocidad de 8.32 m/s, siendo 16.17 nudos. Por lo que se considera nave de gran velocidad.

Naves de desplazamiento ligero (LDC)

Las naves de desplazamiento ligero son las embarcaciones que su desplazamiento no excede de la siguiente expresión en toneladas:

$$\Delta = 0.4(L_R B)^{1.5}$$

*Donde, L_R = Eslora de las reglas, 32.00 metros.

B = Manga de los cascos, 6.00 metros.

$$\Delta = 106.42 \text{ tn}$$

Operar en modo No-Desplazamiento

La embarcación cumple tres requisitos, los cuales supone que la nave opera en modo de No-Desplazamiento.

- Naves que operan en planeo o semi-planeo.
- Naves que se consideran de alta velocidad.
- Naves que tienen un coeficiente de Taylor mayor a 3.

Concepto	Datos
Tipo de embarcación	Catamarán
Grupo de servicio	G3
Tipo de servicio	Pasaje (A)
HSC	Si
LDC	No
Planeo	Si

Tabla 2 - Clasificación de la embarcación

3.3. Altura de ola

La de ola significativa usada como requisitos de diseño ha sido de 2.00 metros según los requerimientos del grupo de servicio 3.

Altura de ola	Datos	Unidad
Significativa	2.000	m
Máximo	3.334	m
Supervivencia	2.580	m

Tabla 3 - Altura de ola de diseño



3.4. Presiones de diseño

Con los anteriores datos introducidos en el programa SSC 2018 del Lloyd's Register, se obtienen las distintas presiones a las que está sometida la embarcación. Dichas presiones se encuentran desarrolladas en el punto de Cargas Sobre el Casco, situado en la Part. 5, Cap. 2, Sec. 4 del reglamento.

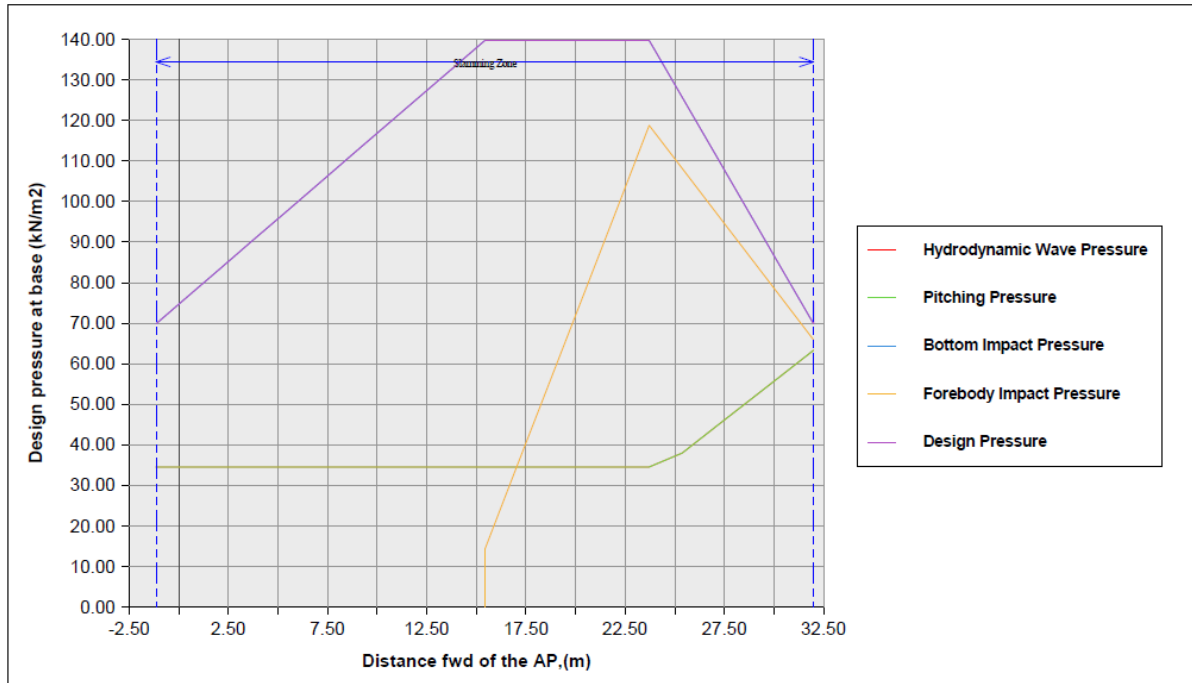


Figura 1 - Presiones de diseño globales

Se observa que la zona donde la embarcación está expuesta a mayores presiones es la sección 23.75 metros, donde actúan las mayores presiones de diseño, las presiones de impacto de la zona de proa y las presiones de cabeceo comienzan a aumentar.

En general las presiones de diseño se rigen por la siguiente expresión en kN/mm^2

Presiones de diseño de los forros

$$\text{Presión de diseño} = H_f G_f S_f C_f \times \text{criterio de carga}$$

*Donde,

- H_f = Factor de notación del casco, 1.0 (HSC)
- G_f = Factor de restricción de área, 0.85 (G3)
- S_f = Factor de tipo de servicio, 1.0 (Pasaje A)
- C_f = Factor de tipo de embarcación, 1.0 (Catamarán)

Presiones de diseño de los refuerzos

$$\text{Presión de diseño} = \delta_f H_f G_f S_f C_f \times \text{criterio de carga}$$

*Donde,

- δ_f = Factor de tipo de refuerzo, 0.5 (Primarios) y 0.8 (secundarios)



Presiones de diseño locales

Las presiones de diseño calculadas a continuación han sido obtenidas de los paneles más restrictivos de cada zona estructural.

Zona estructural	Miembro estructural	Presión de diseño
Fondo	Forro	114.82
	Eslora	65.68
	Bulárcama	39.99
	Quilla	-
	Roda	-
Doble fondo	Forro	21.84
	Eslora	17.86
	Bao	11.95
Costado interior	Forro	25.88
	Eslora	24.84
	Bulárcama	14.46
Costado exterior	Forro	31.05
	Eslora	24.84
	Bulárcama	15.52
Túnel	Forro	41.78
	Eslora	33.42
	Bulárcama	20.89
Cubiertas	Forro Cbta. Principal Intemperie	15.94
	Forro Cbta. Principal interior	9.82
	Forro Cbta. Superior	8.72
	Eslora Cbta. Principal	9.88
	Eslora crujía Cbta. Superior	8.72
	Eslora (2.70 m) Cbta. Superior	8.72
	Bao Cbta. Principal	9.98
	Bao Cbta. Superior	8.72

Tabla 4 - Presiones de diseño locales



Zona estructural	Miembro estructural	Presión de diseño
Superestructura	Forro Costado	6.09
	Forro Techo	3.81
	Eslora Costado	4.87
	Eslora crujía Techo	3.04
	Eslora (2,7 m) Techo	3.04
	Cuaderna	3.04
	Bao Techo	1.90
	Puntales	86.65
Mamparos	Forro Transversal	26.64
	Forro Longitudinal	8.712
	Forro Colisión	26.64
	Refuerzo Transversal	26.64
	Refuerzo Colisión	26.64

Tabla 5 - Presiones de diseño locales II



4. MATERIALES

En el cuaderno 1 ya se explicó las distintas ventajas y desventajas que tienen los materiales compuestos. A continuación, se citan los materiales que se han usado en el diseño de la embarcación.

4.1. Mats 300 y 600

Son estructuras textiles no ordenada e intercaladas. La unión suele hacerse mediante un ligante especial. Para su fabricación se utilizan tanto fibras cortadas como continuas.

En estos fieltros, la distribución de fibras es aleatoria, y por tanto, se producen composites bidimensionalmente isótropos. Por esta razón, no se consiguen valores de rigidez elevados.

En esta embarcación se ha utilizado dos gramajes diferente de mat. El mat 300 se ha empleado principalmente en las capas exteriores para conseguir la superficie lo más lisa posible. En cambio, el mat 600 es utilizado entre capas para conseguir mayor espesor o para corregir la rugosidad que puedan generar otros tipos de tejidos.

Propiedades	Datos	Unidades
Peso	300	g/m ²
Contenido de fibra	0.333	
Módulo de compresión	7320	N/mm ²
Módulo de tracción	6995	N/mm ²
Máxima resistencia a compresión	121.95	N/mm ²
Máxima resistencia a tracción	91.6	N/mm ²
Resistencia a cortante	64.64	N/mm ²
Módulo a cortante	2806.1	N/mm ²
Gravedad específica	1.441	

Tabla 6 - Propiedades matt 300

Propiedades	Datos	Unidades
Peso	600	g/m ²
Contenido de fibra	0.333	
Módulo de compresión	7320	N/mm ²
Módulo de tracción	6995	N/mm ²
Máxima resistencia a compresión	121.95	N/mm ²
Máxima resistencia a tracción	91.6	N/mm ²
Resistencia a cortante	64.64	N/mm ²
Módulo a cortante	2806.1	N/mm ²
Gravedad específica	1.441	

Tabla 7 - Propiedades matt 600



4.2. Tejido triaxial 840 de fibra de vidrio

Los tejidos triaxiales son compuestos cuyas direcciones de las fibras son 0°, 45° y -45°. Cada dirección de fibra se encuentra en distintos niveles, con esto se consigue hacer superficies más lisas, sin necesidad de utilizar el matt a modo correctivo.

Una de las ventajas de utilizar este tejido es que abarata los costes de mano de obra, al colocar las capas de fibra en la misma dirección y de una sola pasada.

Propiedades	Datos	Unidades
Peso	840	g/m ²
Contenido de fibra	0.600	
Módulo de compresión	18000.0	N/mm ²
Módulo de tracción	17500.0	N/mm ²
Máxima resistencia a compresión	162.00	N/mm ²
Máxima resistencia a tracción	230.00	N/mm ²
Resistencia a cortante	86.00	N/mm ²
Módulo a cortante	3260.00	N/mm ²
Gravedad específica	1.737	

Tabla 8 - Propiedades triaxial 840

4.3. Unidireccional 1200 de fibra de vidrio

Son estructuras planas que consisten en la superposición de fibras paralelas con o sin fijación en los puntos de cruzamiento.

Cuando estas estructuras constan de una sola capa, con las fibras de en una solo dirección, se denominan unidireccionales.

Las fibras unidireccionales se utilizan en la corona de los refuerzos para dotarles de mayor resistencia y rigidez con un aporte inferior de capas, con los que se consigue una reducción del peso de la estructura.

Propiedades	Datos	Unidades
Peso	1200	g/m ²
Contenido de fibra	0.541	
Módulo de compresión	20450.5	N/mm ²
Módulo de tracción	20450.5	N/mm ²
Máxima resistencia a compresión	214.63	N/mm ²
Máxima resistencia a tracción	265.59	N/mm ²
Resistencia a cortante	13.95	N/mm ²
Módulo a cortante	1344.76	N/mm ²
Resistencia de compresión transversal	38.03	N/mm ²
Resistencia de tracción transversal	13.26	N/mm ²
Módulo elástico transversal	3842.85	N/mm ²
Gravedad específica	1.737	

Tabla 9 - Propiedades unidireccional 1200



4.4. Unidireccional 600 de fibra de carbono

Este tipo de fibra se emplean de igual manera que los unidireccionales de fibra de vidrio, la diferencia radica en que la fibra de carbono aporta mejores características mecánicas a tensión. Por lo tanto, solo se empleará unidireccional de carbono en aquellas ocasiones que no se consiga la resistencia del refuerzo deseada con un tamaño óptimo de refuerzo.

Propiedades	Datos	Unidades
Peso	600	g/m ²
Contenido de fibra	0.500	
Módulo de compresión	66690.0	N/mm ²
Módulo de tracción	66690.0	N/mm ²
Máxima resistencia a compresión	367.10	N/mm ²
Máxima resistencia a tracción	600.30	N/mm ²
Resistencia a cortante	23.25	N/mm ²
Módulo a cortante	1625.00	N/mm ²
Resistencia de compresión transversal	55.00	N/mm ²
Resistencia de tracción transversal	18.35	N/mm ²
Módulo elástico transversal	3650.00	N/mm ²
Gravedad específica	1.480	

Tabla 10 - Propiedades unidireccional 600

4.5. Poliuretano

Las espumas de poliuretano son materiales utilizados para los núcleos de los refuerzos de bajo peso y alta maleabilidad. Este tipo de polímeros tienen escasas propiedades mecánicas y se utilizan exclusivamente como material de soporte para elementos rigidizadores.

Propiedades	Datos	Unidades
Densidad	65.00	kg/m ³
Módulo de tracción	2.00	N/mm ²
Módulo de compresión	47.00	N/mm ²
Máxima resistencia a tracción	1.20	N/mm ²
Máxima fuerza a cortante	0.45	N/mm ²
Módulo a cortante	13.00	N/mm ²
Máxima resistencia a compresión	0.60	N/mm ²

Tabla 11 - Propiedades poliuretano

4.6. PVC

Las espumas de cloruro de polivinilo (PVC) son espumas rígidas con alto comportamiento mecánico frente a esfuerzos de compresión y cizalladura. Se utilizan como núcleo del sándwich de los cascos, mamparos y distintas estructuras del catamarán.



Propiedades	Datos	Unidades
Densidad	80.00	kg/m ³
Módulo de tracción	95.00	N/mm ²
Módulo de compresión	90.00	N/mm ²
Máxima resistencia a tracción	2.50	N/mm ²
Máxima fuerza a cortante	1.15	N/mm ²
Módulo a cortante	27.00	N/mm ²
Máxima resistencia a compresión	1.40	N/mm ²

Tabla 12 - Propiedades PVC

4.7. Aluminio

El aluminio tiene mayor resistencia que los laminados en fibra de vidrio. Las estructuras son más robustas, presenta mayor rigidez y el material sufre menos por fatiga.

El aluminio es usado en los puntales de la zona de la superestructura, con el objetivo de absorber y repartir los pesos de las distintas cubiertas.

Propiedades	Datos	Unidades
Módulo de elasticidad	69000.00	N/mm ²
0,2% del límite elástico	145.00	N/mm ²
Factor de eficiencia estructural	1.00	
Tensión de tracción de rotura	300.00	N/mm ²
Sigma a	140.00	N/mm ²
Coefficiente de Poisson	0.30	
Densidad	2700.00	kg/m ³

Tabla 13 - Propiedades aluminio

4.8. Resina de Poliéster

Las resinas poliéster son resinas sintéticas insaturadas. Se utiliza como resina de todos los elementos de la embarcación excepto del casco que debido a las necesidades de estanquidad se emplea resina viniléster. La resina poliéster tiene las siguientes características:

- Coste moderado
- Facilidad de uso
- Facilidad de aplicación
- Buen comportamiento en el medio marino

Las propiedades mínimas que tiene que cumplir son



Propiedades	Datos	Unidades
Módulo a tracción	3400.00	N/mm ²
Módulo a cortante	1300.00	N/mm ²
Coeficiente de Poisson	0.36	
Gravedad específica	1.20	

Tabla 14 - Propiedades resina poliéster

4.9. Resina de Viniléster

Las resinas viniléster poseen una estructura similar a las de poliéster, con una menor reticulación y un proceso de post-curado más complejo.

- Ofrece mejores propiedades mecánicas que el poliéster.
- Menor contracción durante el curado que el poliéster, lo que facilita la construcción.
- Mejor capacidad de aislamiento al agua, por lo que disminuye considerablemente el riesgo de sufrir osmosis.

El casco estará compuesto por esta resina para conseguir un producto de mayor calidad y dotarle de una eficiente barrera hídrica contra el agua.

Las propiedades mínimas que tiene que cumplir son:

Propiedades	Datos	Unidades
Módulo a tracción	3500.00	N/mm ²
Módulo a cortante	1300.00	N/mm ²
Coeficiente de Poisson	0.36	
Gravedad específica	1.44	

Tabla 15 - Propiedades resina viniléster



5. RESISTENCIA LOCAL

La embarcación está constituida principalmente por estructura de tipo longitudinal. Es denominada de esta manera, pues son las esloras los refuerzos principales de la plancha. Sin embargo, son las bulárcamas, cuadernas y baos los que proporcionan la mayor resistencia y rigidez a la estructura global.

En este apartado se va a estudiar la resistencia local de cada elemento estructural. Para realizar este estudio se procede a dimensionar en primer lugar las planchas y los refuerzos por separado. Una vez dimensionado dichos elementos, se estudia la integración de todos los elementos estructurales que confluyan en la misma zona estructural. Aplicándole las presiones de diseño al conjunto del panel y refuerzos y se comprueba que la estructura integrada cumple con los criterios mínimos del reglamento.

El programa SSC 2018 aporta los resultados de todas las propiedades mecánicas de la resistencia local. En este apartado, se muestran las expresiones que emplea el reglamento para obtener dichas propiedades mecánicas. Cabe destacar que las expresiones para el cálculo de los paneles laminados se basan en las propias para los paneles laminados tipo sándwich. En cuanto al cálculo de los refuerzos se estudian en base a las expresiones de refuerzos generales de materiales compuestos.

A continuación, se muestra la estructura de la embarcación y un croquis de la cuaderna maestra donde se detalla el nombre de cada uno de los elementos de la embarcación.

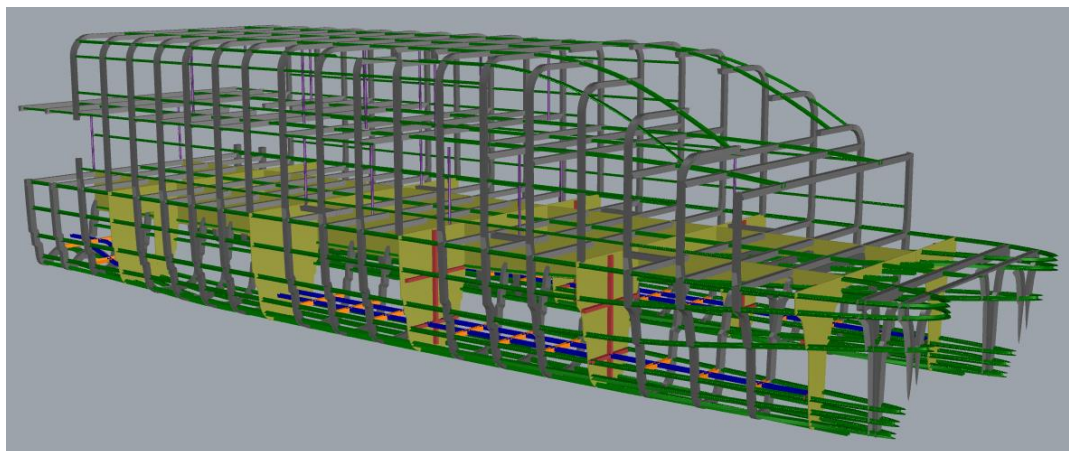


Figura 2 - Vista estructura embarcación

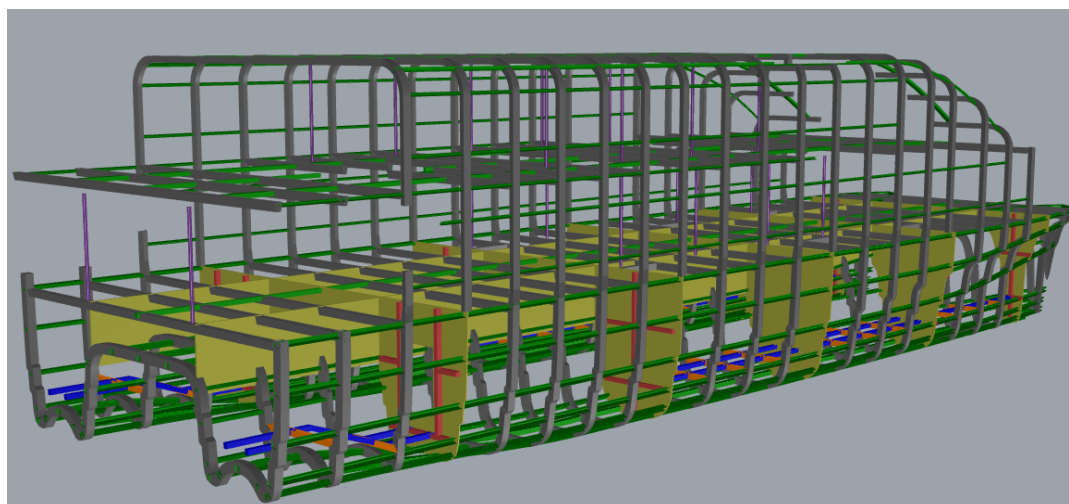
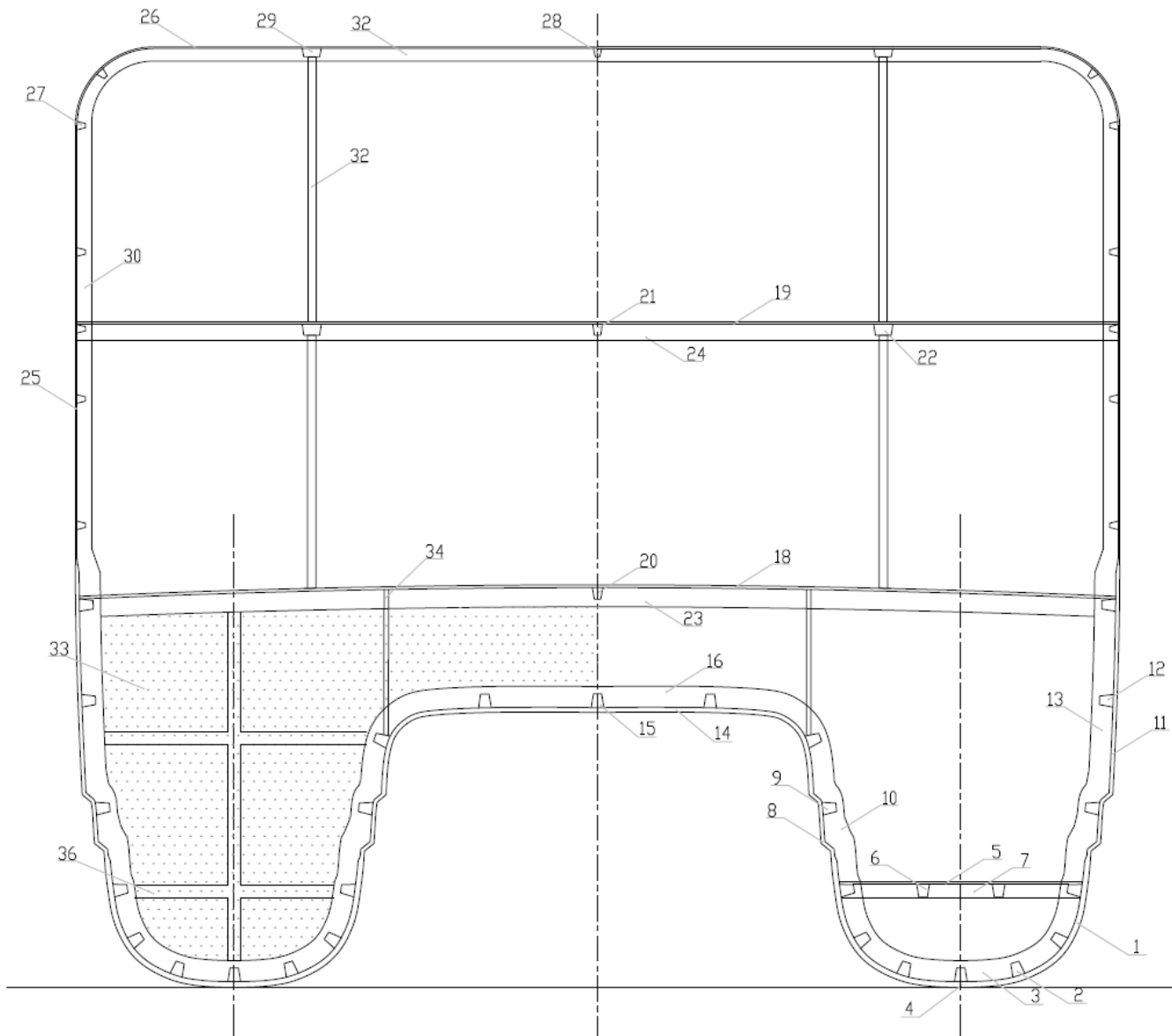


Figura 3 - Vista estructura embarcación II



Cuaderno 6 – Resistencia estructural



Zona estructural	Miembro estructural	Número de elemento
Fondo	Forro	1
	Eslora	2
	Bulárcama	3
	Quilla	4
	Roda	-
Doble fondo	Forro	5
	Eslora	6
	Bao	7
Costado interior	Forro	8
	Eslora	9
	Bulárcama	10
Costado exterior	Forro	11
	Eslora	12
	Bulárcama	13
Túnel	Forro	14
	Eslora	15
	Bulárcama	16
Cubiertas	Forro Cbta. Principal Intemperie	17
	Forro Cbta. Principal interior	18
	Forro Cbta. Superior	19
	Eslora crujía Cbta. Principal	20
	Eslora Cbta. Superior	21
	Eslora (2,70 m) Cbta. Superior	22
	Bao Cbta. Principal	23
	Bao Cbta. Superior	24
Superestructura	Forro Costado	25
	Forro Techo	26
	Eslora Costado	27
	Eslora crujía Techo	28
	Eslora (2,7 m) Techo	29
	Cuaderna	30
	Bao Techo	31
	Puntales	32
	Forro Transversal	33
Mamparos	Forro Longitudinal	34
	Forro Colisión	35
	Refuerzo Transversal	36
	Refuerzo Colisión	37

Tabla 16 - Numeración elementos estructurales

Figura 4 - Estructura cuaderna maestra



5.1. Propiedades mecánicas de los laminados sándwich

A continuación, se detalla una serie de puntos que deben tenerse en cuenta en los laminados sándwich:

- Las pieles del laminado reciben la mayor parte de la carga de flexión
- El núcleo recibe la mayor parte de la carga a cortante.
- El espesor de la piel del laminado está basado en la condición de la teoría de piel delgada.

$$\frac{\text{Espesor del núcleo}}{\text{Espesor medio de capas exteriores}} \geq 5.77$$

- Las pieles exteriores del sándwich tienen unos espesores similares, siendo la máxima diferencia:

$$t_{\text{OUTER}} = t_{\text{INNER}}$$

Espesor del laminado

Una estimación de los espesores puede llevarse a cabo por la siguiente expresión.

$$t_s = \phi_1 k_s b^3 \sqrt{\frac{\rho}{E_{tps}}} \text{ (mm)}$$

- *Donde,
- ϕ_1 = 0.0214 para la capa interior
 - = 0.0286 para la capa exterior
 - = 0.1440 para el núcleo
 - k_s = Factor de la corrección del coeficiente de aspecto de un laminado sándwich.
 - E_{tps} = Módulo de tracción de una piel del laminado sándwich, N/mm².
 - b = Manga del panel no soportado en mm
 - ρ = Presión de diseño en kN/m²

Espesor del laminado mínimo requerido

La cantidad mínima de refuerzo en una sola piel del laminado, cuyas pieles forman el laminado interior y exterior de laminados tipo sándwich se da en la siguiente tabla:



Panel location	Minimum amount of reinforcement, W_{\min} (g/m ²)		Sandwich skin length factor, f_{LS}
	Glass	Carbon/Aramid	
Integral tanks, fluid barrier skin	3650	2700	0,0
Hull bottom, outer skin	3650	2700	0,33
Hull bottom, inner skin	2850	2100	0,33
Side shell, outer skin	3250	2400	0,33
Side shell, inner skin	2450	1950	0,33
Inner bottom, outer skin	3650	2700	0,33
Inner bottom, inner skin	2850	2100	0,33
Double bottom plate floor	1650	1300	0,0
Watertight bulkhead	1650	1300	0,0
Deep tanks, exterior skin	2450	1950	0,0
Deep tanks, fluid barrier skin	3250	2400	0,0
Strength/weather deck, outer skin	2450	1950	0,33
Strength/weather deck, inner skin	1650	1300	0,0
Lower deck/within deckhouse, accommodation decks	1650	1300	0,0
Cargo deck, outer skin	2450	1950	0,0
Cargo deck, inner skin	1650	1300	0,0
Superstructure sides	1650	1300	0,0
Superstructure front	2050	1500	0,0
Superstructure aft	1650	1300	0,0
Superstructure top	1650	1300	0,0
Coach roof	1650	1300	0,0
Machinery casings	2050	1500	0,0
Bulwarks	1650	1300	0,0
NOTE The minimum amount of reinforcement in hybrid laminates will be individually considered on an equivalence basis. See 2.9.2.			

Tabla 17 - Espesor del laminado mínimo reglamentario

La cantidad mínima de refuerzo del laminado debe corregirse por tres factores marcados en los reglamentos:

- Corrección por tipo de buque
- Corrección por la eslora de la embarcación
- Corrección por volumen de fibra

Módulo de tracción E_{tp}

El módulo de tracción de capa del laminado que forman las pieles del laminado sándwich se determina a partir de:

$$E_{tps} = \frac{\sum (E_{ti} t_i)}{\sum t_i} \quad (N/mm^2)$$



*Donde, E_{ti} = Módulo de tracción de una capa individual en N/mm^2 .
 t_i = Espesor individual de una capa individual en mm.

Módulo de compresión E_{cp}

El módulo de compresión de capa del laminado que forman las pieles del laminado sándwich se determina a partir de:

$$E_{cps} = \frac{\sum (E_{ci} t_i)}{\sum t_i} \quad (N/mm^2)$$

*Donde, E_{ci} = Módulo de compresión de una capa individual en N/mm^2 .
 t_i = Espesor individual de una capa individual en mm.

Distancia al eje neutro x_s

La distancia del eje neutro desde la superficie de la capa exterior del laminado sándwich es determinado por:

$$x_s = \frac{\sum (E_i t_i x_i)}{\sum (E_{ti} t_i)} \quad (mm)$$

*Donde, E_i = Módulo t_{ti} o t_{ci} de las capas respecto al eje neutro.
 t_i = Espesor individual de una capa individual en mm.
 x_i = Distancia al centro de una capa individual desde la superficie del laminado sándwich en mm.

La tensión a tracción σ_{ti}

La tensión a tracción resultante en el extremo exterior de una capa individual de fibra ply,i, se determina a partir de:

$$\sigma_{ti} = \frac{0,1 E_{ti} y_i M}{\sum (E_i I_i)} \quad (N/mm^2)$$

*Donde, E_{ti} = Módulo de tracción de una capa individual en N/mm^2 .
 y_i = Distancia del eje neutro al extremo de una capa individual, mm.
 M = Momento flector en Nm.
 E_i = Módulo t_{ti} o t_{ci} de las capas respecto al eje neutro.
 I_i = Segundo momento de área para 1 cm de longitud de una sección transversal individual en cm^4 .

Las tensiones a tracción límites permitidos están definidos en el ANX-1



La tensión a compresión σ_{ci}

La tensión a compresión resultante en el extremo exterior de una capa individual de fibra ply, i , se determina a partir de:

$$\sigma_{ci} = \frac{0.1 E_{ci} y_i M}{\Sigma (E_i I_i)} \quad (N/mm^2)$$

- *Donde,
- E_{ci} = Módulo de tracción de una capa individual en N/mm^2 .
 - y_i = Distancia del eje neutro al extremo de una capa individual, mm.
 - M = Momento flector en Nm.
 - E_i = Módulo t_{ti} o t_{ci} de las capas respecto al eje neutro.
 - I_i = Segundo momento de área para 1 cm de longitud de una sección transversal individual en cm^4 .

Las tensiones de compresión límites permitidas están definidas en el ANX-1

La tensión a cortante directo del núcleo τ_c

La tensión a cortante directo del núcleo en los bordes de un panel del sándwich sometido a presión lateral debe ser determinado a partir de:

$$\tau_c = \frac{\rho b k_S}{2 (t_c + t_s)} \times 10^{-3} \quad (N/mm^2)$$

- *Donde,
- k_S = Factor de corrección del coeficiente de aspecto
 $= 0.32 A_R + 0.36$ para $A_R \leq 2$
 $= 1.0$ para $A_R > 2$
 - A_R = longitud del panel / manga del panel
 - t_c = Espesor del núcleo en mm.
 - t_s = Espesor de una capa individual en mm.

La tensión límites a cortante del núcleo se muestran a continuación en forma de fracción.

Core Material	Limiting shear stress fraction
PVC	0,45
All other cores	0,35

Tabla 18 - Tensiones límites materiales sanwich

5.2. Propiedades mecánicas generales de los refuerzos

Momento flector de las reglas M_s

El momento flector de las reglas será aplicado a todos los refuerzos sujetos a una presión lateral uniforme.



$$M_S = \phi_M s l_e^2 \rho \text{ (Nm)}$$

- *Donde,
- ϕ_S = Coeficiente dado en el ANX-2
 - s = Espaciado del refuerzo en mm.
 - l_e = Bano efectivo del refuerzo en m.
 - ρ = Presión de diseño en kN/m².

Fuerza cortante de las reglas F_S

La fuerza cortante de las reglas será aplicada a todos los refuerzos sujetos a una presión lateral uniforme.

$$F_S = \phi_S s l_e \rho \text{ (N)}$$

- *Donde,
- ϕ_S = Coeficiente dado en el ANX-2
 - s = Espaciado del refuerzo en mm.
 - l_e = Bano efectivo del refuerzo en m.
 - ρ = Presión de diseño en kN/m².

Tensión a cortante τ_s

La tensión a cortante de las almas de un refuerzo tipo omega se determina a partir de:

$$\tau_s = \frac{F_S}{2t_w d_w} \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

- *Donde,
- F_S = Es la fuerza a cortante aplicada al miembro de refuerzo en N.
 - t_w = Espesor de las almas de refuerzo en mm.
 - d_w = La distancia entre las almas de refuerzo en mm.

Las tensiones cortantes límites permitidas están definidas en el ANX-1

Deflexión δ_s

La deflexión de los elementos del refuerzo sujetos a una presión lateral uniforme se determina:

$$\delta_s = \frac{\phi_\delta \rho s l_e^4}{(E I)_s} 10^5 \text{ (mm)}$$



*Donde, $(E I)$ = el total para la sección del refuerzo, incluido en ancho el efectivo de plancha.

ϕ_δ = Coeficiente dado en el ANX-2

s = Espaciado del refuerzo en mm.

l_e = Bano efectivo del refuerzo en m.

ρ = Presión de diseño en kN/m².

Las tensiones cortantes límites permitidas están definidas en la siguiente tabla, donde se representa mediante un coeficiente equivalente que relaciona longitud / flexión:

Item	Deflection ratio, f_δ
Bottom structure: <ul style="list-style-type: none"> secondary stiffening primary girders and web frames 	475 625
Side structure: <ul style="list-style-type: none"> secondary stiffening primary girders and web frames 	475 625
Main/strength deck structures: <ul style="list-style-type: none"> secondary stiffening primary girders and web frames hatch covers 	625 775 775
Superstructures/deckhouses stiffeners:	
(a) Generally: <ul style="list-style-type: none"> secondary primary 	400 475
(b) Coachroof: <ul style="list-style-type: none"> secondary primary 	475 625
(c) House top: <ul style="list-style-type: none"> secondary primary 	400 400
Lower/inner decks and house top, subject to personnel loading: <ul style="list-style-type: none"> secondary members primary members 	475 625
Deep tank stiffeners: <ul style="list-style-type: none"> secondary members primary members 	625 775
Watertight bulkhead stiffeners: <ul style="list-style-type: none"> secondary members primary members 	400 475
Multi-hull cross-deck stiffeners: <ul style="list-style-type: none"> secondary members primary members 	475 625
Vehicle deck stiffeners: <ul style="list-style-type: none"> secondary members primary members 	625 775
Helicopter/flight deck stiffeners: <ul style="list-style-type: none"> secondary members primary members 	625 775
NOTE Where significant curvature exists over the span of the stiffener or breadth of the panel, the allowable deflections will be specially considered.	

Tabla 19 - Coeficientes de flexión



5.3. Resultados de la resistencia local

Se ha calculado la resistencia local del buque mediante las expresiones de los anteriores apartados que usa el programa de resistencia estructural naval SSC del Lloyd's Register.

Combinando los distintos panales y refuerzos con sus materiales correspondiente y aportando ciertas características como posición longitudinal, posición vertical, curvatura y dimensiones de cada uno de los elementos se consiguen las características finales.

En el ANX-3 se encuentra la geometría y composición de cada elemento estructural y en el ANX-4 se encuentran las características mecánicas los elementos estructurales.



6. RESISTENCIA GLOBAL

6.1. Resistencia longitudinal

No se requiere calcular la resistencia longitudinal para las embarcaciones con esloras de las reglas inferior a 35 metros.

Los requisitos mínimos de resistencia del barco viga se satisfacen con los escantillones obtenidos por la resistencia local.

6.2. Resistencia transversal

La resistencia transversal de la embarcación, a diferencia de la resistencia longitudinal, se debe calcular. Esta resistencia se estudia según los criterios de la sociedad de clasificación en la Part. 5, Cap. 5, Sec. 5 se encuentra los criterios de diseño de las cargas a aplicar y sus diferentes combinaciones.

Se han de estudiar varias combinaciones de cargas las cuales dependen de la dirección de las olas.

- Mares de frente
 $0.1M_B + M_R + 0.1M_T$
- Mares de costado
 $M_B + 0.1M_R + 0.2M_T$
- Mares de amura o aleta
 $0.1M_B + 0.4M_R + M_T$

*Donde,
 M_B = Momento flector transversal.
 M_R = Momento flector longitudinal.
 M_T = Momento torsional.

Debido a que es una embarcación menor de 35 metros se suprime el estudio del momento flector longitudinal.

Además, de estos momentos flectores también se debe calcular el esfuerzo a tracción de la embarcación.

Momento de flexión transversal M_B

$$M_B = G_f b \Delta a_v$$

$$M_B = 1693.4 \text{ kNm}$$



- *Donde,
- a_v = aceleración vertical, 1.243 m/s².
 - b = distancia transversal entre los dos cascos 6.87 metros.
 - G_f = Coeficiente del grupo de servicio, G3 es 1.5.
 - Δ = desplazamiento, 132.24 tn

Momento torsional de conexión M_T

$$M_T = G_f \Delta L_R a_v$$

$$M_T = 3943.88 \text{ kNm}$$

- *Donde,
- a_v = aceleración vertical, 1.243 m/s².
 - G_f = coeficiente del grupo de servicio, G3 es 0.75.
 - L_R = eslora de las reglas, 32 metros.
 - Δ = desplazamiento, 132.24 tn.

Esfuerzo cortante Q_R

$$\tau_V = \frac{Q_R}{A_\tau} \times 10^{-3} \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_V = 11583.44 \text{ N/mm}^2$$

- *Donde,
- Q_R = fuerza cortante del mayor entre Q_{MW} y Q_{MDW} , 382.25 kN.
 - A_τ = área a cortante del refuerzo, 0.033 m².

Finalmente, la combinación de cargas queda de la siguiente manera:

Dirección mar	M_B	M_T	Unidades
Mar de frente	169.34	394.39	kNm
Mar de costado	1693.40	788.78	kNm
Mar de amura o aleta	169.34	3943.88	kNm

Tabla 20 - Solicitaciones externas

Cálculo de la resistencia transversal

El cálculo de la resistencia transversal de la embarcación se realiza por el programa de cálculo de elementos viga llamado GRAPE Software. Para ello se van a seguir los siguientes pasos:

En primer lugar, se modeliza las estructuras de unión de los cascos más relevante. Las estructuras más relevantes son aquellas que van a recibir absorber las mayores cargas de la embarcación. Por dicho motivo, solo se estudiarán los mamparos y el espejo de popa, pues, carece de sentido estudiar también los baos. Esto se debe a que los baos son menos rígidos que los mamparos y por lo tanto, el mamparo será el que absorba las mayores cargas.



A continuación, se representa la estructura a estudiar, si bien, se ha representado el conjunto de la estructura para asociar mejor el concepto. Solo se estudiará las vigas/mamparos interiores entre los mamparos longitudinales.

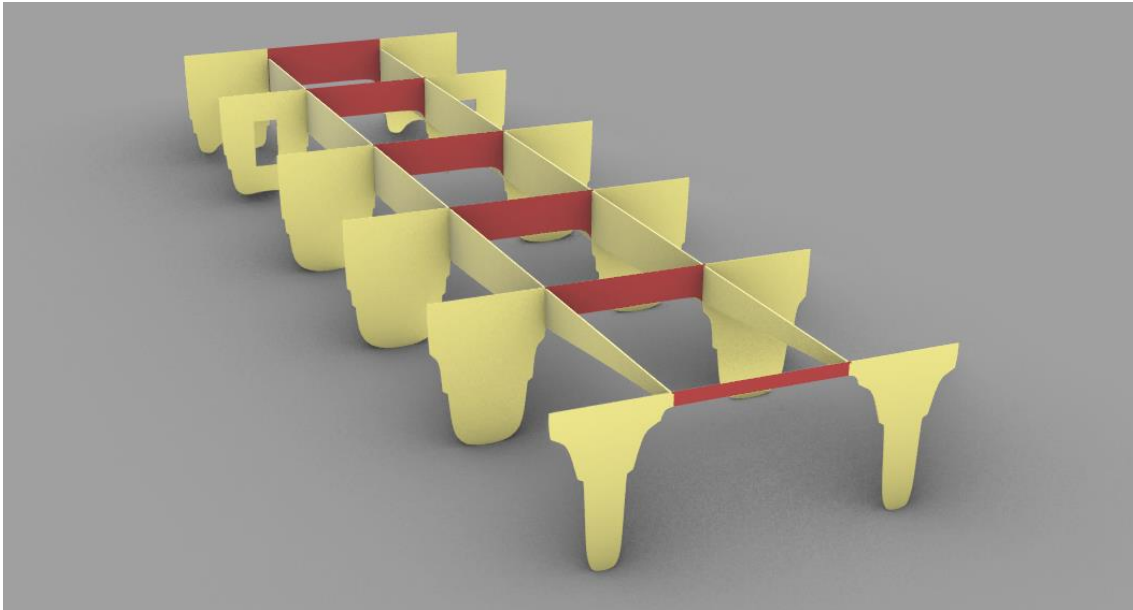


Figura 5 - Representación de la estructura resistente transversal

Se ha modelizado los elementos vigas, asociando cada uno de estos con su nodo y su número de elemento. También se le ha aplicado el material equivalente como se puede ver en el ANX-5.

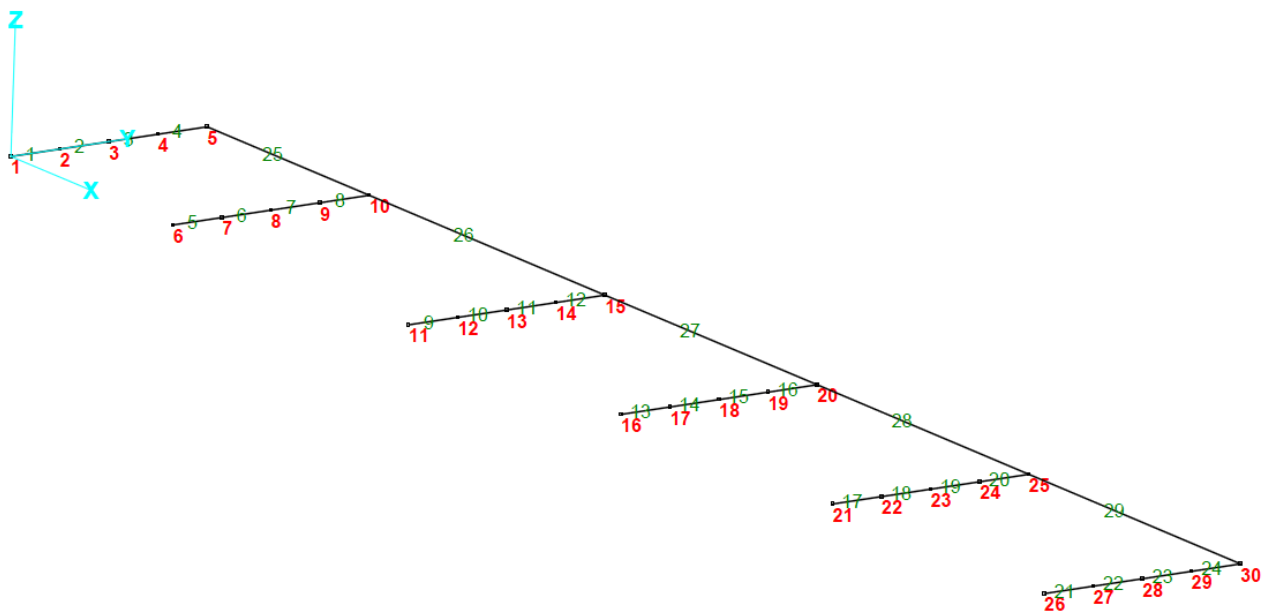


Figura 6 – Numeración de los elementos



Cada elemento se compone de las siguientes coordenadas locales:

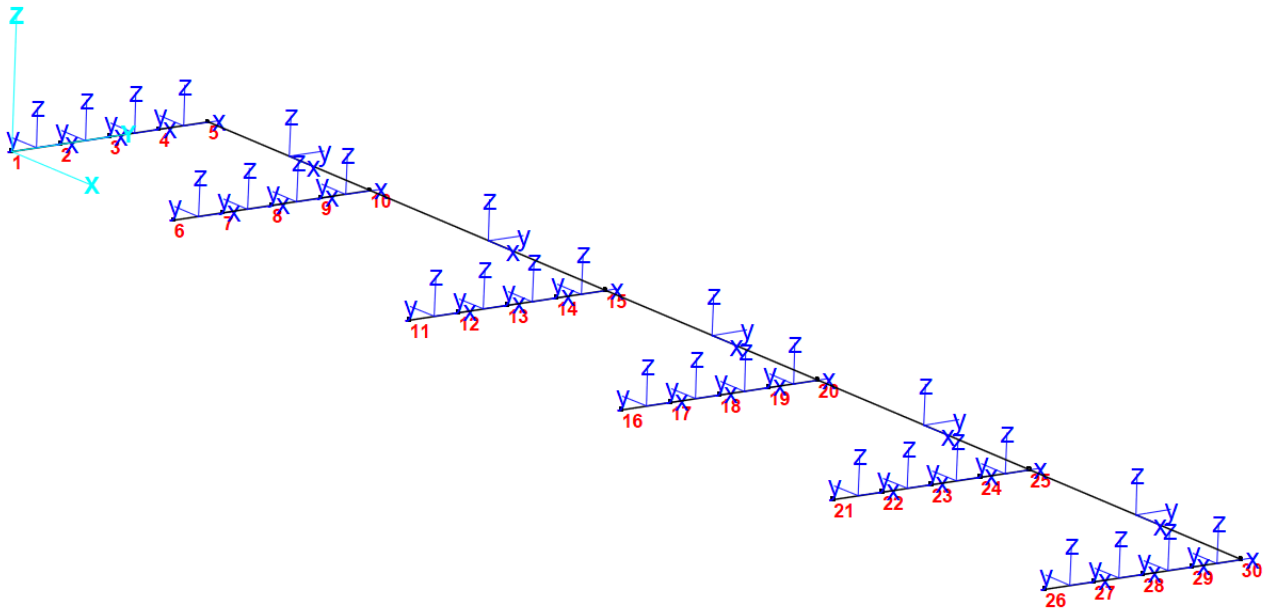


Figura 7 - Coordenadas locales de los elementos

Con la estructura modeliza, el siguiente paso es aplicarle las restricciones y las solicitaciones adecuadas. A continuación, se simula para diferentes supuestos a fin de aproximarnos al supuesto que se exige en la sociedad de clasificación.

El método seguido principalmente consiste en aplicar a la estructura ciertos desplazamientos a fin de obtener las reacciones para este desplazamiento aplicado. Con estas reacciones obtenidas, se aplica el teorema de proporcionalidad y se obtienen los desplazamientos reales utilizando las solicitaciones de las Reglas.

Se simulan los supuestos para los desplazamientos por flexión y torsión, tal y como instan las Reglas.

Transmisión de cargas para desplazamiento paralelo por flexión transversal:

Desplazamiento uniforme de 100 mm genera unas reacciones totales de -8797.9 kN.

El momento flector transversal de las Reglas es 169.34 kN×m equivalentes a una fuerza cortante de 42.34 kN y aplicando el teorema de la proporcionalidad para las solicitaciones de las reglas, el desplazamiento uniforme a aplicar es 0.48 mm.

Transmisión de cargas para desplazamiento triangular por torsión:

El desplazamiento triangular en el extremo de 100 mm genera un momento torsor de -19030 kN×m.

Aplicando de nuevo el teorema de proporcionalidad para el supuesto desarrollado en el ANX-6, el momento torsor necesario de las Reglas de 3943.88 kN×m genera un desplazamiento de 20.72 mm.



Finalmente, se obtiene lo siguiente:

Nodo	Pos. X	Z-react.	Mto. Torsor
1	0.00	960270	0
6	4.81	45128	217066
11	11.80	-209490	-2471982
16	18.08	-438120	-7921210
21	24.36	-334600	-8150856
26	30.64	-22946	-703065
TOTAL		-242 N	-19030047 N×m
TOTAL		-0.242 kN	-19030 kN×m

Tabla 21 - Resultados por torsión

Desplazamientos a aplicar en los nodos de referencia:

Con los desplazamientos obtenidos por los momentos de flectores y torsores según las sollicitaciones de las Reglas de aplica el principio de superposición y se obtienen los desplazamientos totales que ejercen los momentos.

Nodo	Por Mto.Flect. (mm)	Por Mto.Torsor (mm)	Por Mto. Totales (mm)
5	0.481	-4.092	-3.611
10	0.481	-0.838	-0.357
15	0.481	3.891	4.372
20	0.481	8.139	8.621
25	0.481	12.384	12.865
30	0.481	16.632	17.114

Tabla 22 - Desplazamientos de los nodos

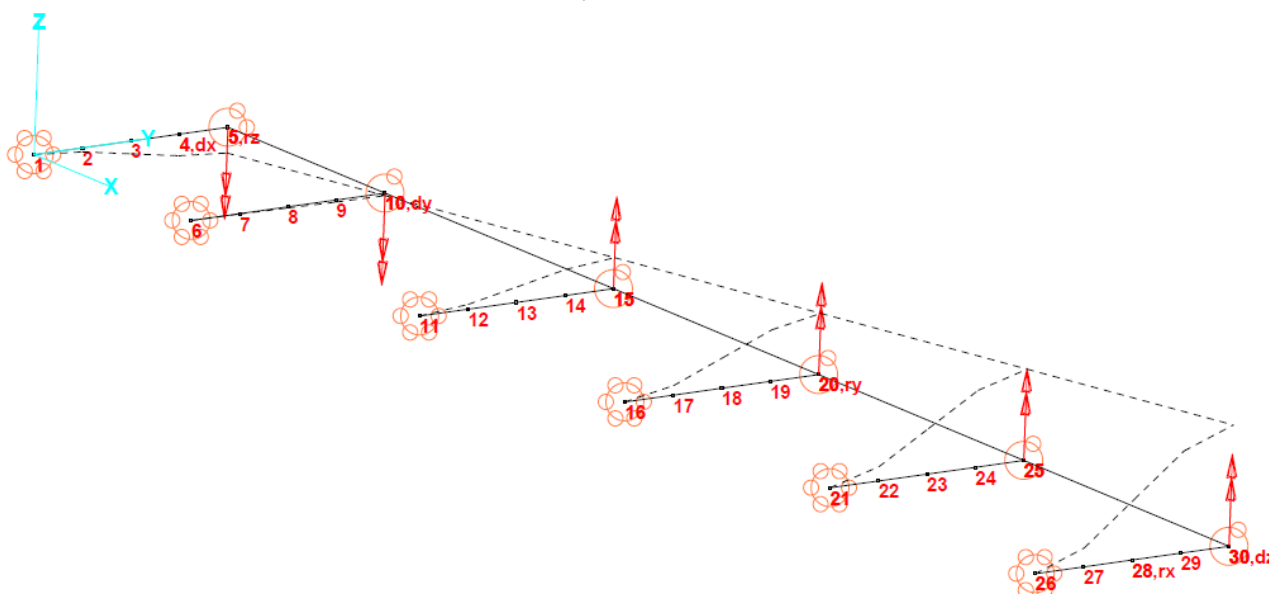


Figura 8 - Desplazamiento de los nodos



Reacciones obtenidas finales ajustadas a requerimientos:

Nodo	Pos. X	Z-react.	Mto. Torsor
1	-5.50	175570	-966337
6	-0.69	3984	-2764
11	6.30	-48777	-307099
16	12.58	-96181	-1209572
21	18.86	-72073	-1359008
26	25.14	-4892	-122970
TOTAL		-42370 N	-3967753 N×m
TOTAL		-42.37 kN	-3968 kN×m

Tabla 23 - Resultados finales

La posición del eje de giro respecto al origen de coordenadas es 5.504 metros. A continuación, se representa los croquis de los resultados obtenidos.

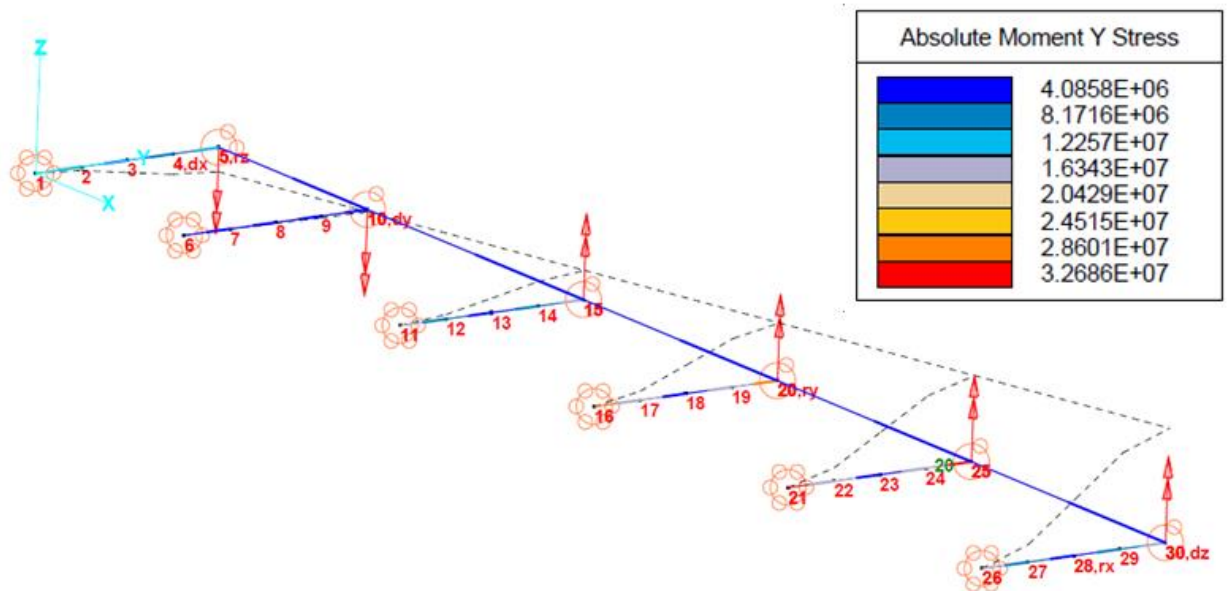


Figura 9 - Tensiones de la estructura transversal

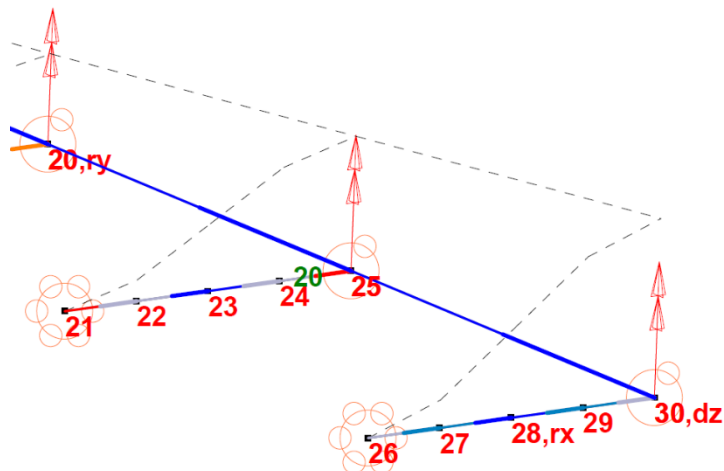


Figura 10 - Tensión máxima de la estructura transversal

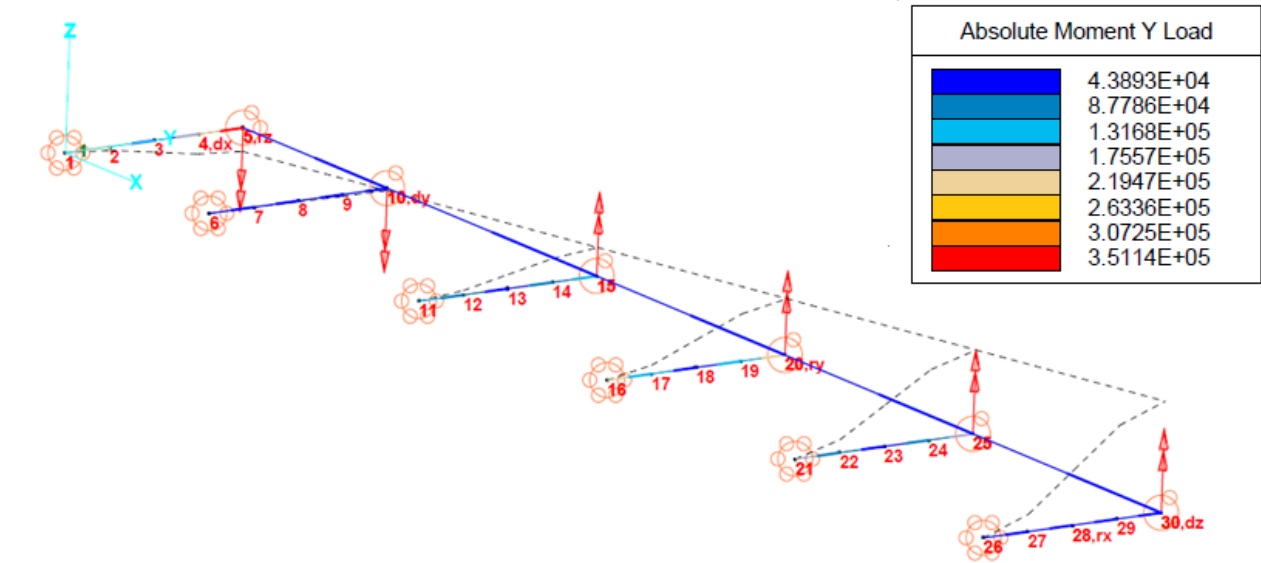


Figura 11 - Cargas de la estructura transversal

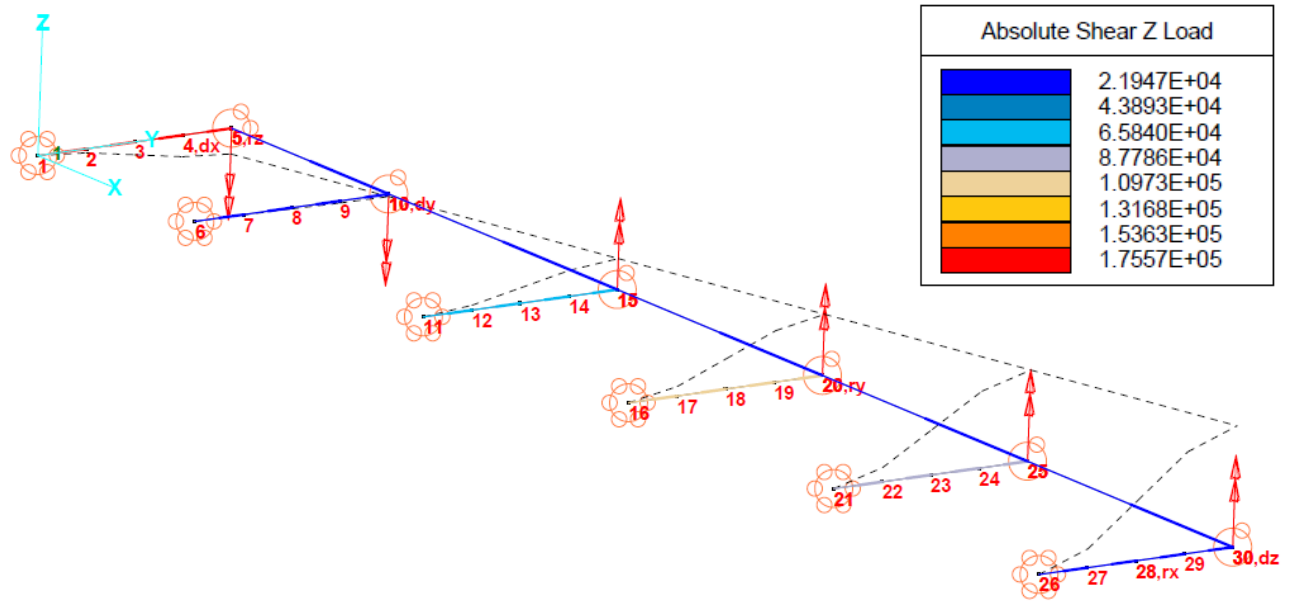


Figura 12 - Fuerza cortante de la estructura transversal

Todos los cálculos de la estructura transversal se pueden ver en el ANX-6.



7. COMPARACION ESTRUCTURAL DE LA SOCIEDAD DE CLASIFICACION CON METODO DE ELEMENTOS FINITOS

En este apartado se procede a comparar ciertos elementos estructurales calculados por la sociedad de clasificación con el método de los elementos finitos. Para el cálculo de los elementos estructurales las sociedades de clasificación se rigen por las teorías plástica o elástica usando modelos de viga simple o por fórmulas empíricas obtenidas de la experiencia. En muchas ocasiones estos estudios son muy conservadores y no permiten optimizar la estructura de las embarcaciones.

El método de los elementos finitos permite alcanzar resultados más certeros que los métodos tradicionales. Para ello, el método estudia las piezas subdividiendo el continuo en un gran número de elementos y permite resolver un problema complejo de forma sencilla. Para el estudio de este método se deben seguir los siguientes pasos:

- Modelización de la pieza a estudiar en un software.
- Asignación de los materiales que se componen la pieza.
- Definición de las condiciones de contorno como sujeciones y cargas que actúan
- Generación de la malla
- Proceso de cálculo computacional
- Estudio del postproceso

En este estudio comparativo se ha sometido al forro de los mamparos, los refuerzos de los mamparos transversales y la bulárcama del fondo de la embarcación. Para ello, se utiliza la versión estudiante del software CAD SolidWorks. Este software se utiliza para modelado mecánico en 2D y 3D, si bien, también consta de varios módulos con los que permite una experiencia mayor al usuario. Para el cálculo de los elementos finitos se ha usado el módulo de Simulation.

En dicho módulo se va a estudiar las tensiones y deformaciones por suposiciones estáticas lineales. Esto consiste en que las cargas externas inducen fuerzas internas y reacciones para renderizar el sólido a un estado de equilibrio. Todas las cargas se aplican lentas y gradualmente hasta alcanzan sus magnitudes completas, lo que hace que las cargas se mantengan constantes y permita ignorar las fuerzas inerciales y de amortiguación. Además, la relación de cargas y respuesta es lineal, esto significa que, si aumentas la carga, aumenta proporcionalmente la respuesta.

Viendo ambos métodos de estudios se llega a la conclusión, que para el cálculo de los siguientes elementos se procede a calcularlos por los mismos principios.

7.1. Forro del mamparo, elemento 33

Para el estudio del forro se ha supuesto un empotramiento en los bordes simulando los refuerzos de los mamparos. Este tipo de sujeción es demasiado restrictiva, pues los refuerzos trabajan algo ciertos grados de libertad. Como consecuencia de este empotramiento se va a tener algo menos de deformación en comparación con la realidad.

Al foro se le ha aplicado la misma presión de diseño que requiere la sociedad de clasificación siendo esta 26.64 kN/m^2 .



A continuación, se representan los resultados del estudio con el método de elementos finitos.

Tensiones

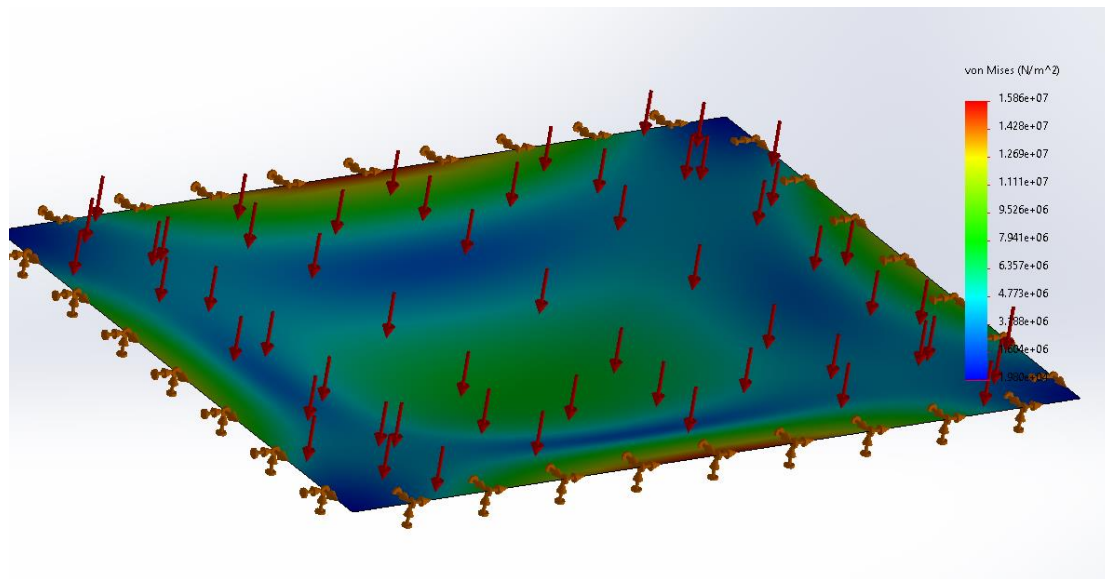


Figura 13 - Tensiones por FEM del elemento 33

Deformaciones

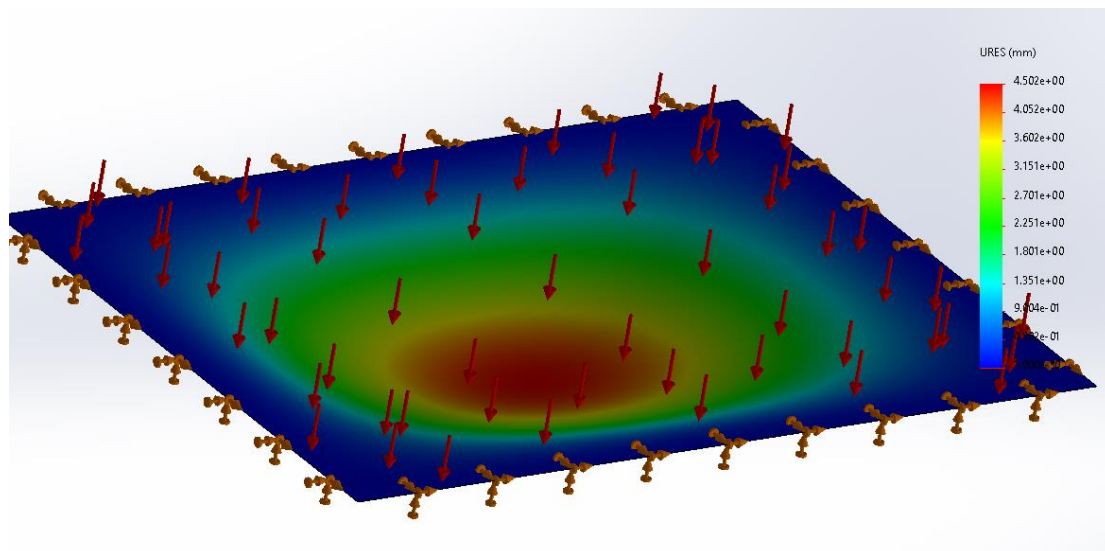


Figura 14 - Deformaciones por FEM del elemento 33

En la siguiente tabla se muestran los resultados de la sociedad de clasificación y el método de elementos finitos.

Propiedad	SSC	MEF	Unidades
Tensión	12.25	15.86	N/mm ²
Deformación	8.61	4.50	mm

Tabla 24 - Resultados del elemento 33 por FEM



Las tensiones obtenidas se pueden ver que hay una diferencia del 23%. En cuanto a la deformación esta diferencia es mayor, obteniendo un 47%. Esto es debido en parte a la suposición asumida de las sujeciones en el MEF.

A la vista de los resultados, se estima como valor más seguro el calculado por el MEF.

7.2. Refuerzo transversal mamparo, elemento 36

En el estudio del refuerzo del foro del mamparo se ha tenido en cuenta el propio refuerzo y la plancha asociada al refuerzo, pues esta, también la da cierta rigidez al refuerzo. El núcleo de poliuretano del refuerzo no se ha tenido en cuenta en este estudio, ya que, no aporta mecánicamente ninguna propiedad relevante, mayormente, ofrece separación en entre las paredes del refuerzo.

Debido al tamaño de la plancha y a la relación de reducción, las sujeciones se han tomado de la siguiente manera.

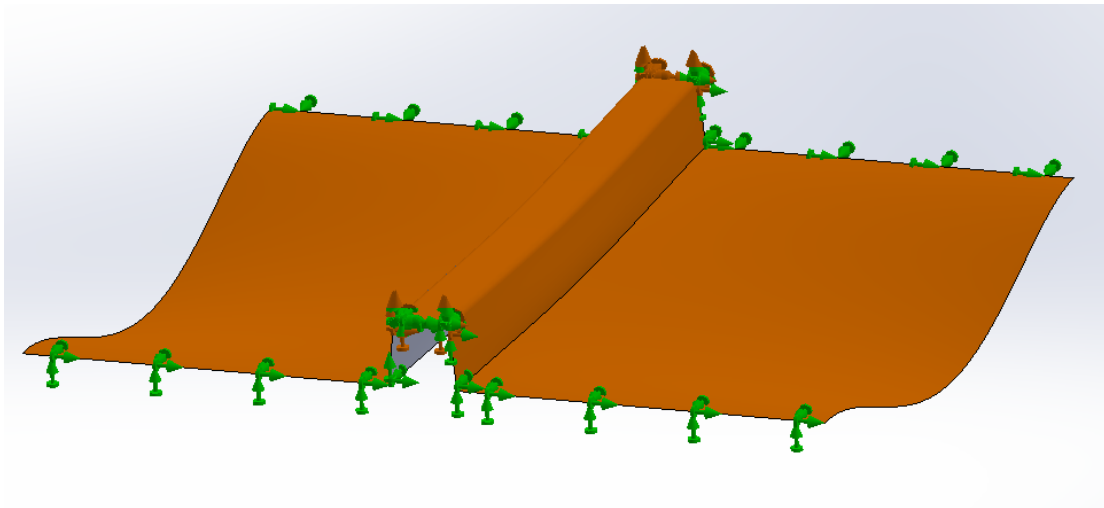


Figura 15 - Restricciones del elemento 36

Las presiones de diseño que actúan sobre la plancha son las misma que en el elemento estudiado anteriormente, siendo estas 26.64 kN/m^2 .

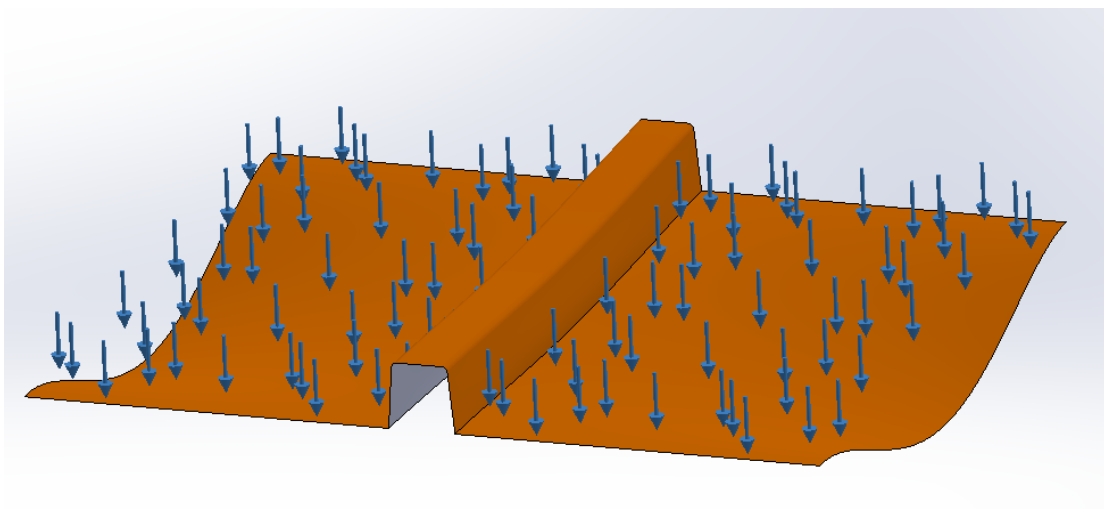


Figura 16 - Presiones de diseño del elemento 36



A continuación, se muestran los resultados obtenidos:

Tensiones

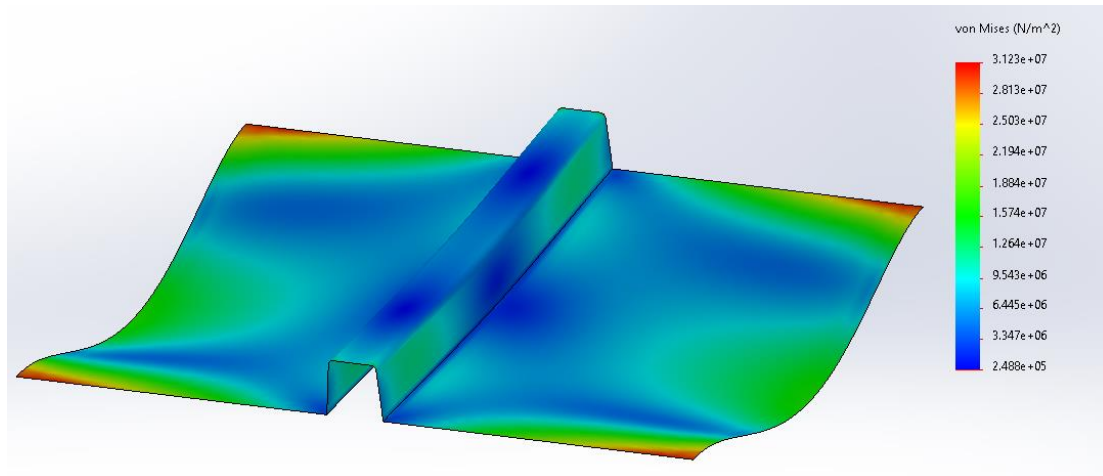


Figura 17 - Tensiones por FEM del elemento 36

Deformaciones

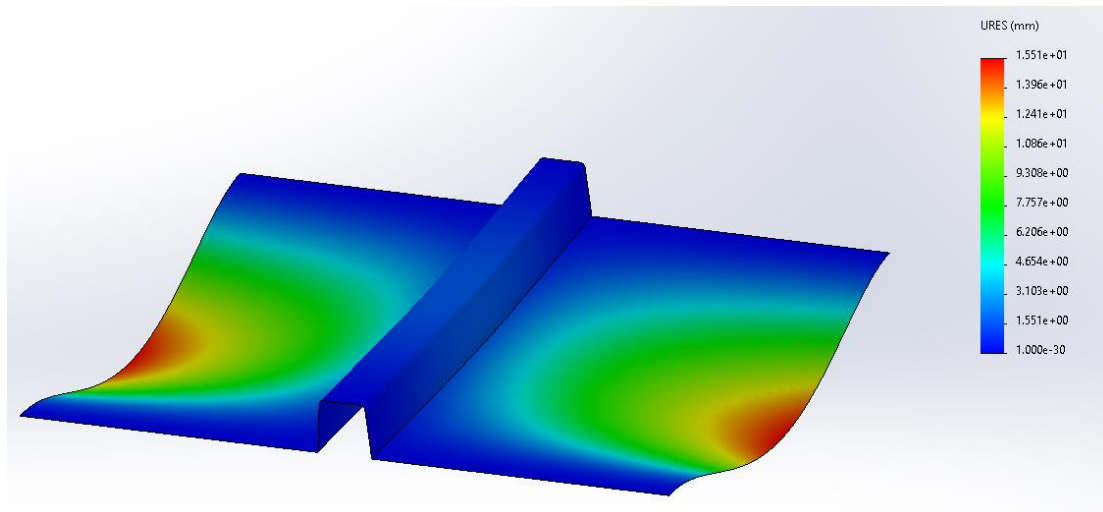


Figura 18 - Deformaciones por FEM del elemento 36

En la siguiente tabla se muestran los resultados de la sociedad de clasificación y el método de elementos finitos.

Propiedad	SSC	MEF	Unidades
Tensión	17.47	12.64	N/mm ²
Deformación	1.12	1.55	mm

Tabla 25 - Resultados del elemento 36 por FEM

Los resultados de los gráficos muestran las tensiones y deformaciones máximas incluida la plancha asociada. Para el estudio comparativo con los resultados obtenidos por la sociedad de clasificación se recogen únicamente los resultados del propio refuerzo.



Las tensiones entre los dos estudios difieren un 27% entre ambos. En cuanto a la diferencia en la deformación, se observa un 28%. En esta ocasión son resultados más próximos que en el anterior estudio, aunque siguen siendo diferencia algo elevadas se estima como valor más fiable al MEF.

7.3. Bulárcama del fondo, elemento 3

En el estudio de la bulárcama del fondo de la embarcación se han modelizado también el forro del fondo y las esloras de fondo. Esta modelización se intenta crear un entorno más realista a fin de crear grandes suposiciones. Aun así, se han tenido en cuenta ciertas suposiciones.

Los elementos estudiados son los elementos 1, 2 y 3. A estos elementos se les aplica los materiales que se definen en el ANX-3. En caso de los refuerzos se distingue entre ala y corona, para el forro se le aplica un sándwich.

Las sujeciones del modelo están sometida a dos suposiciones bastantes certeras. La primera de ellas son las sujeciones del forro en la parte superior, donde se han considerado empotramientos fijos. En la embarcación estos empotramientos sustituyen al doble doblo, el cual se considera un elemento rígido de la embarcación. La segunda suposición se encuentra en las sujeciones de los bordes longitudinales del modelo. En la embarcación sobre estos bordes se encuentran dos bulárcamas de las mismas características que la estudiada, en el modelo estos bordes son considerados empotramientos rígidos.

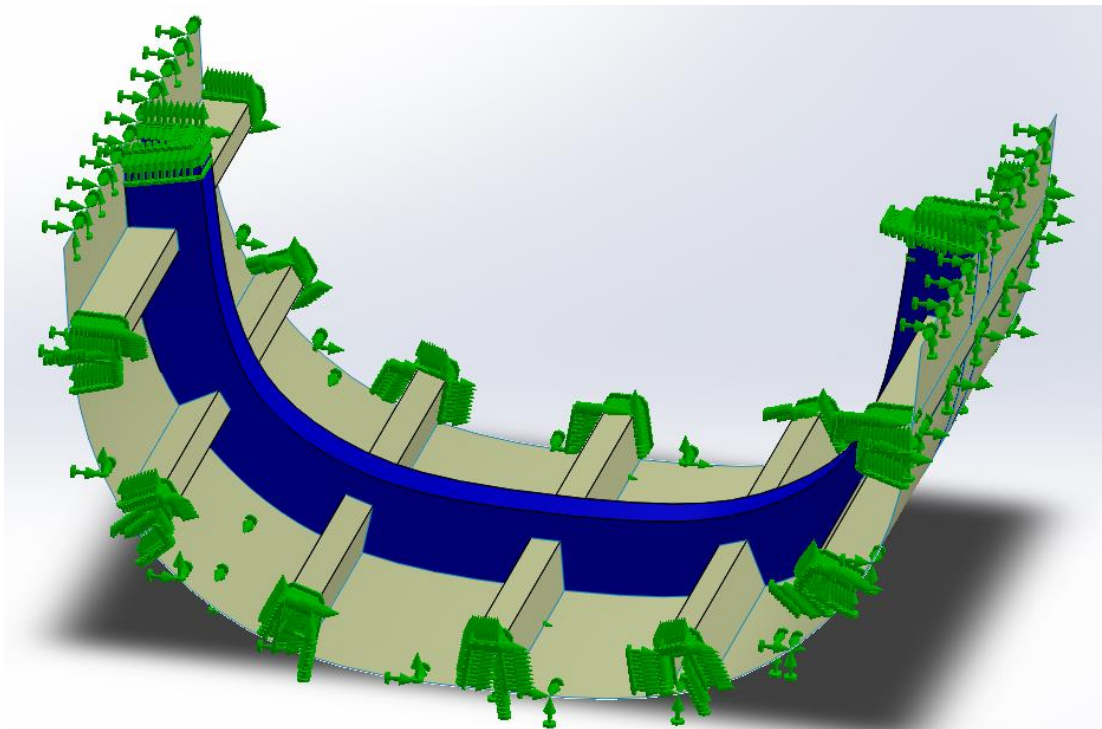


Figura 19 - Restricciones del elemento 3

Las presiones a las que está sometido los elementos modelos son: el forro es 114.816 kN/m^2 , las esloras son 65.677 kN/m^2 y la bulárcama 39.994 kN/m^2 .

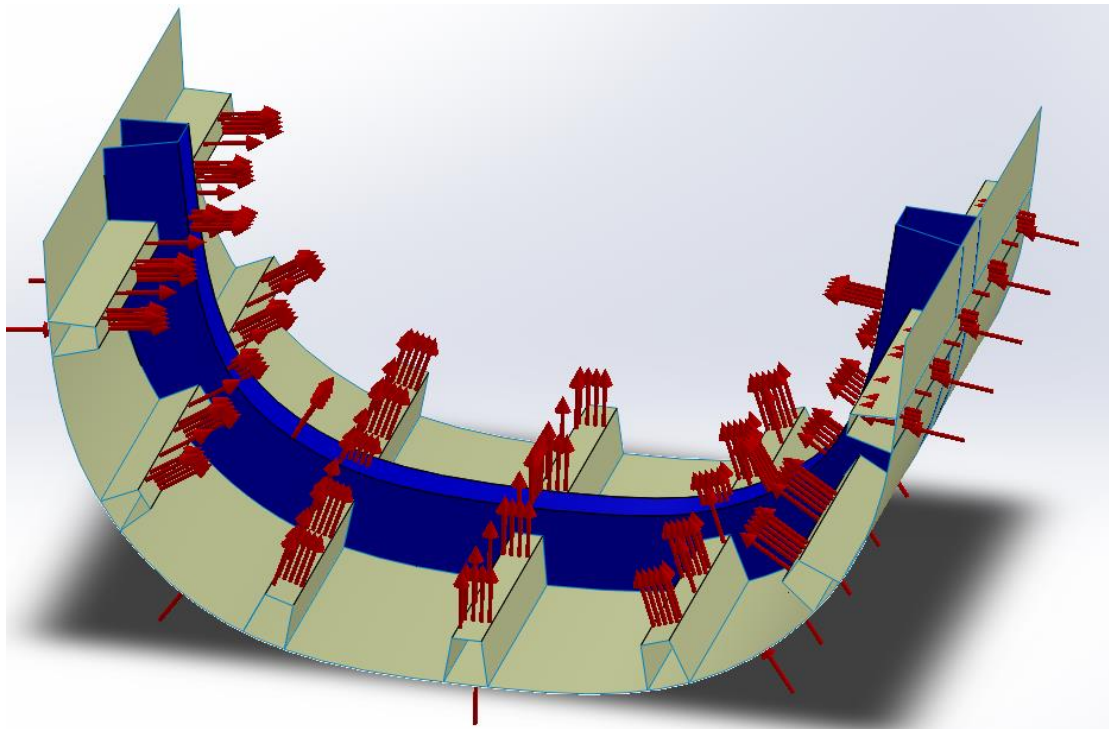


Figura 20 - Presiones de diseño del elemento 3

Con la modelización realizada, las sujeciones supuestas y las presiones aplicadas, se procede a mallar el modelo para su posterior estudio. Debido a que se pretende estudiar la bulárcama, el mallado de la misma es más fino que el resto de los elementos.

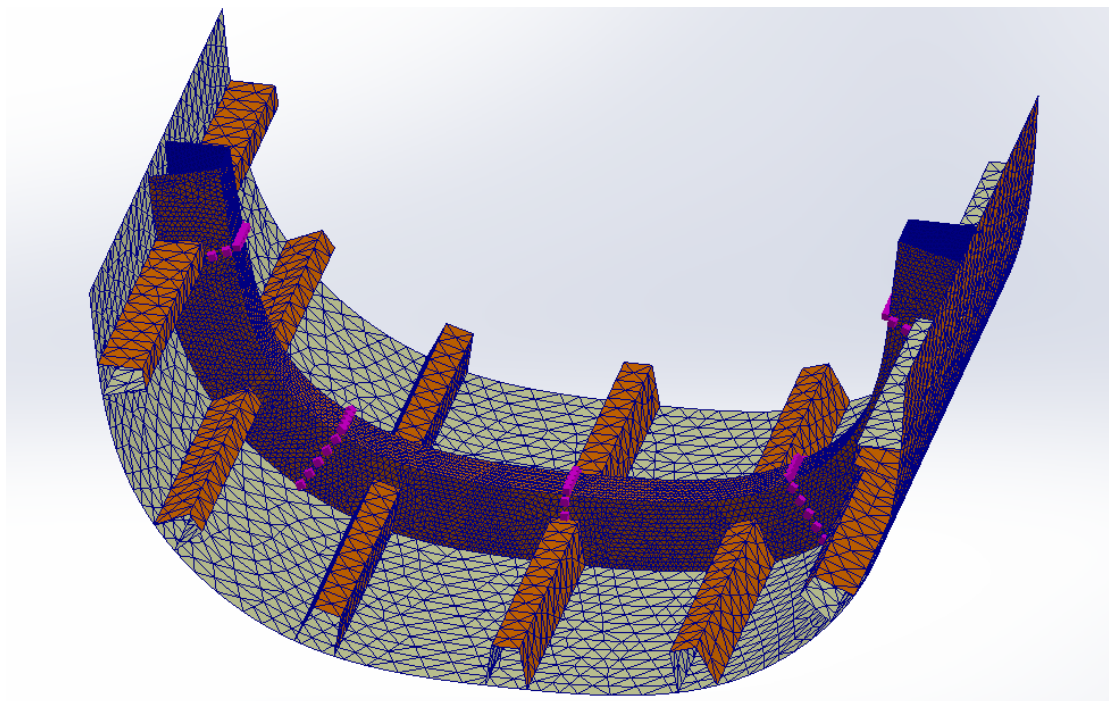


Figura 21 - Mallado del elemento 3



Los cálculos obtenidos son:

Tensiones

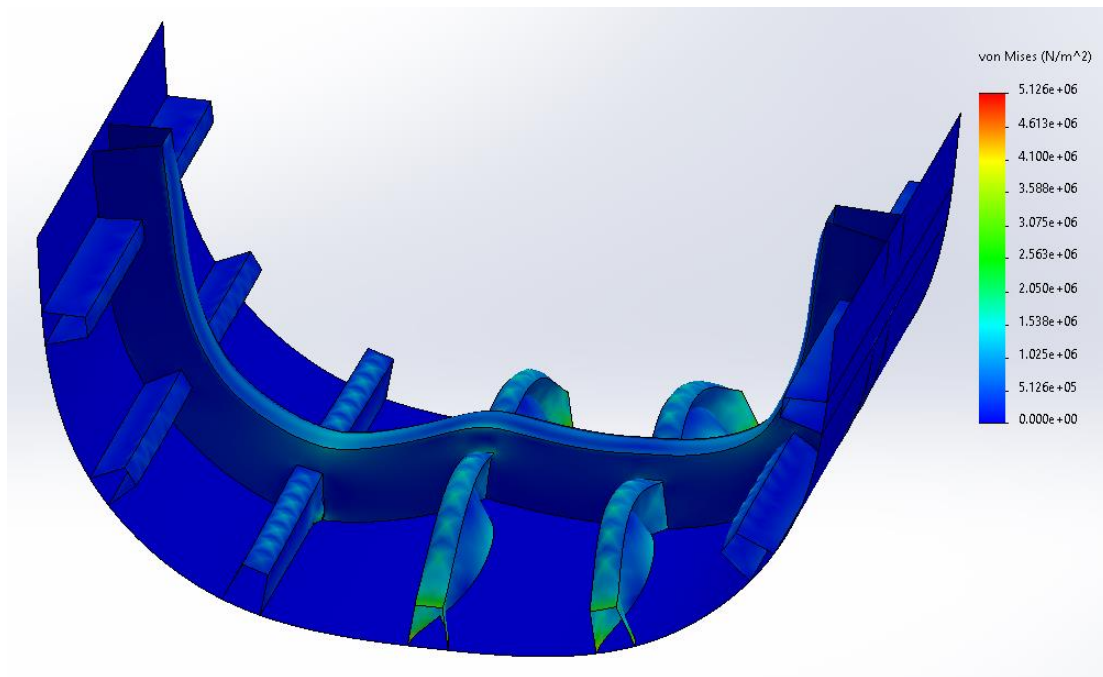


Figura 22 - Tensiones por FEM del elemento 3

Deformaciones

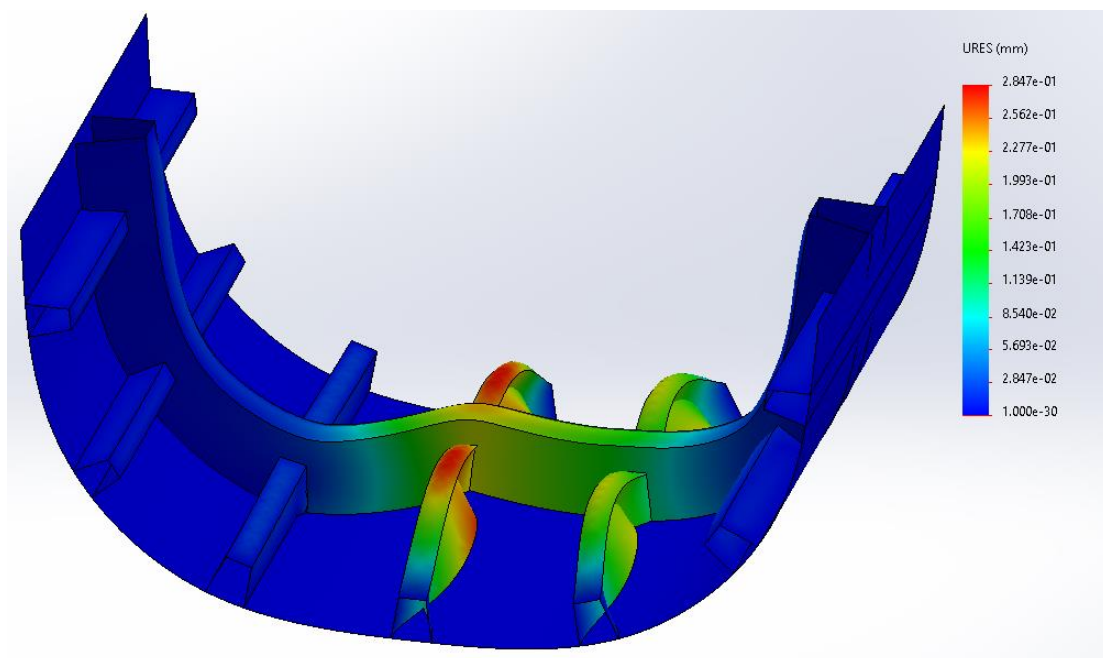


Figura 23 - Deformaciones por FEM del elemento 3



En la siguiente tabla se muestran los resultados de la sociedad de clasificación y el método de elementos finitos para la bulárcama.

Propiedad	SSC	MEF	Unidades
Tensión	0.65	1.28	N/mm ²
Deformación	0.02	0.24	mm

Tabla 26 - Resultados del elemento 3 por FEM

En la tabla anterior se puede observar gran diferencia entre los resultados obtenidos. Se cree que se debe a varios motivos. El primero y el más importante, se cree que en la modelización de la pieza y la unión de los elementos ha podido haber un error de enlace. Y el último motivo, se debe a que a pesar de que ambos métodos de cálculo estructural utilizan aproximadamente el mismo principio de cálculo físico, puede que las condiciones de contorno y suposiciones de pre-cálculo no sean las mismas.



8. BIBLIOGRAFIA

1. Resolución MSC.97(73) "Código Internacional de Seguridad para Naves de Gran Velocidad", diciembre 2000.
2. Lloyd's Register: "Rules and Regulations for the Classification of Special Service Craft". Julio 2019.
3. Martínez García Alfonso: "Apuntes Construcción y Reparación de Buques". Universidad Politécnica de Cartagena, 2019.
4. Martínez García Alfonso: 'Cálculo Avanzado de Estructuras Marinas'. Universidad Politécnica de Cartagena, 2019.
5. Rodríguez Ramos Luis: "Cálculo y Diseño del Casco de una Embarcación de Recreo de 9 Metros de Eslora", julio 2017.
6. Dassault Systemes: "Manuales SolidWorks Simulation", obtenido en: <https://solidworks.com>



ANEXOS



ANEXO 1

Esfuerzos límites de los coeficientes de cargas locales



Item	Limiting stress coefficient		
	Bending f_{σ}	Shear f_{τ}	Equivalent f_e
Shell envelope:			
(a) Bottom shell plating: <ul style="list-style-type: none"> • slamming zone • elsewhere 	0,85 0,75	— —	— —
(b) Side shell plating: <ul style="list-style-type: none"> • slamming zone • elsewhere 	0,85 0,75	— —	— —
(c) Keel	0,75	—	—
Bottom structure:			
(a) Secondary stiffening: <ul style="list-style-type: none"> • slamming zone • elsewhere 	0,75 0,65	0,75 0,65	— —
(b) Primary girders and web frames	0,65	0,65	0,75
(c) Engine girders	0,55	0,55	0,75
Side structure:			
(a) Secondary stiffening: <ul style="list-style-type: none"> • slamming zone • elsewhere 	0,75 0,65	0,75 0,65	— —
(b) Primary girders and web frames	0,65	0,65	0,75
Bow doors:			
(a) Plating	0,65	—	—
(b) Secondary stiffening	0,51	0,433	—
(c) Primary stiffening	0,51	0,34	0,64
Main/strength deck plating and stiffeners:			
(a) Plating	0,75	—	—
(b) Secondary stiffening	0,65	0,65	—
(c) Primary girders and web frame	0,65	0,65	0,75
(d) Hatch covers	0,55	0,55	0,64



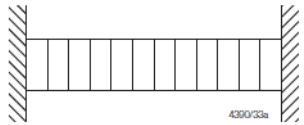
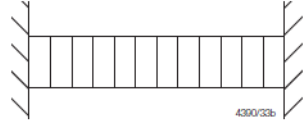
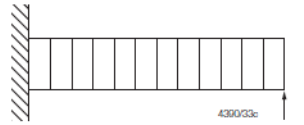
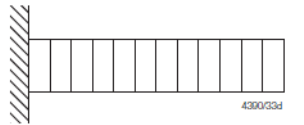
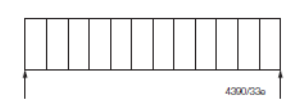
Item	Limiting stress coefficient		
	Bending f_{σ}	Shear f_{τ}	Equivalent f_{θ}
Superstructures/deckhouses:			
(a) Deckhouse front, 1st tier:	<ul style="list-style-type: none"> • plating 0,65 • stiffening 0,60 	— 0,60	— —
(b) Deckhouse front, upper tiers:	<ul style="list-style-type: none"> • plating 0,75 • stiffening 0,65 	— 0,65	— —
(c) Deckhouse aft and sides:	<ul style="list-style-type: none"> • plating 0,75 • stiffening 0,75 	— 0,75	— —
(d) Coachroof:	<ul style="list-style-type: none"> • plating 0,65 • stiffening 0,65 	— 0,65	— —
(e) House top:	<ul style="list-style-type: none"> • plating 0,75 • stiffening 0,75 	— 0,75	— —
(f) Lower/inner decks and house top, subject to personnel loading:	<ul style="list-style-type: none"> • plating 0,75 • stiffening 0,60 	— 0,60	— —
Bulkheads:			
(a) Watertight bulkhead:	<ul style="list-style-type: none"> • plating 1,0 • secondary stiffening 0,95 • primary stiffening 0,90 	— 0,95 0,90	— — 1,0
(b) Watertight bulkhead doors	0,825	0,825	0,825
(c) Structure supporting watertight doors	0,80	0,80	—
(d) Minor bulkheads:	<ul style="list-style-type: none"> • plating 0,65 • secondary stiffening 0,65 • primary stiffening 0,65 	— 0,65 0,65	— — 0,75
(e) Deep tank bulkheads:	<ul style="list-style-type: none"> • plating 0,65 • secondary stiffening 0,65 • primary stiffening 0,75 	— 0,65 0,75	— — —
Multi-hull cross-deck structure:			
(a) Plating:	<ul style="list-style-type: none"> • slamming zone 0,85 • elsewhere 0,75 	— —	— —
(b) Secondary stiffening:	<ul style="list-style-type: none"> • slamming zone 0,75 • elsewhere 0,65 	0,75 0,65	— —
(c) Primary stiffening	0,65	0,65	0,75
Vehicle deck:			
(a) Plating	0,60	—	—
(b) Secondary stiffening	0,425	0,425	—
(c) Primary stiffening	0,525	0,525	0,75
Helicopter/flight decks:			
(a) Normal usage:	<ul style="list-style-type: none"> • plating 0,65 • secondary stiffening 0,75 • primary stiffening 0,625 	— 0,75 0,625	— — 0,60
(b) Emergency landing:	<ul style="list-style-type: none"> • plating 0,75 • secondary stiffening 1,0 • primary stiffening 0,825 	— 1,0 0,825	— — 0,9
(c) Crane pedestal/foundation structural elements	0,7	0,7	0,75



ANEXO 2

Coeficientes de fuerzas cortantes, momentos flectores y deflexión



Load model	Position			Position	Shear force, ϕ_s	Bending moment, ϕ_M	Deflection, ϕ_δ	Application
	1	2	3					
(a)				1 2 3	1/2 — 1/2	1/12 1/24 1/12	— 1/384 —	Primary and other members where the end fixity is considered encastre
(b)				1 2 3	1/2 — 1/2	1/10 1/10 1/10	— 1/288 —	Local, secondary and other members where the end fixity is considered to be partial
(c)				1 2 3	5/8 — 3/8	1/8 9/128 —	— 1/185 —	Various
(d)				1 2 3	1 — —	1/2 — —	— — 1/8	Various
(e)				1 2 3	1/2 — 1/2	— 1/8 —	— 5/384 —	Hatch covers, glazing and other members where the ends are simply supported



ANEXO 3

Geometría y composición de los elementos estructurales



Zona estructural: Fondo

Elemento estructural: Forro

Número de elemento: 1

Description	Fibre Type	Fibre Content	Thickness (mm)	Weight (g/m2)
Mat 300	Mat 300	0.333	0.754	300.000
	T 840	0.600	0.993	840.000
	T 840	0.600	0.993	840.000
	Mat 300	0.333	0.754	300.000
	T 840	0.600	0.993	840.000
	T 840	0.600	0.993	840.000
	Mat 600	0.333	1.509	600.000
	PVC		40.000	
	Mat 600	0.333	1.509	600.000
	T 840	0.600	0.993	840.000
	T 840	0.600	0.993	840.000
	Mat 300	0.333	0.754	300.000
	T 840	0.600	0.993	840.000
	T 840	0.600	0.993	840.000
	Mat 300	0.333	0.754	300.000

Property	Units	Entered
Compressive Modulus	N/mm2	13388.102
Inner skin compressive modulus	N/mm2	13388.102
Outer skin compressive modulus	N/mm2	13388.102
Thickness	mm	53.977
Tensile Modulus	N/mm2	12963.671
Ultimate Flexural Strength	N/mm2	230.030
Fibre Content		0.495
Weight/Unit Area	kg/m2	21.607
Inner skin critical wrinkling stress	N/mm2	159.617
Outer skin critical wrinkling stress	N/mm2	159.617
Resin Specific Gravity		1.100



Zona estructural: Fondo

Elemento estructural: Eslora

Número de elemento: 2

Description	Fibre Type	Fibre Content	Thickness (mm)	Weight (g/m2)	Web Extent Type	Boundary Bonding Type
	Mat 600	0.333	1.418	600.000	Full	Standard
	T 840	0.600	0.950	840.000	Full	Standard
	T 840	0.600	0.950	840.000	Full	Standard
	Mat 600	0.333	1.418	600.000	Full	Standard
	UD 800 Vidrio	0.541	1.570	1200.000	None	
	Mat 600	0.333	1.418	600.000	Full	Standard
	T 840	0.600	0.950	840.000	Full	Standard
	T 840	0.600	0.950	840.000	Full	Standard

Property	Units	Entered	Required
Width of Base	mm	120.000	
Width of Crown	mm	80.000	
Web Depth	mm	130.000	
Crown Thickness	mm	9.625	8.055
Ultimate Tensile Strength	N/mm2	0.000	
Core Material		Poliuretano	
Resin Specific Gravity		1.200	
Web Thickness	mm	8.055	3.567
Fibre Content		0.469	
Weight/Unit Length	kg/m	6.625	



Zona estructural: Fondo

Elemento estructural: Bulárcama

Número de elemento: 3

Description	Fibre Type	Fibre Content	Thickness (mm)	Weight (g/m2)	Web Extent Type	Boundary Bonding Type
	Mat 600	0.600	0.950	840.000	Full	Standard
	T 840	0.600	0.950	840.000	Full	Standard
	T 840	0.600	0.950	840.000	Full	Standard
	UD 800 Vidrio	0.541	1.570	1200.000	None	
	Mat 600	0.333	1.418	600.000	None	
	UD 800 Vidrio	0.541	1.570	1200.000	None	
	T 840	0.600	0.950	840.000	Full	Standard
	T 840	0.600	0.950	840.000	Full	Standard

Property	Units	Entered	Required
Width of Base	mm	200.000	
Width of Crown	mm	120.000	
Web Depth	mm	200.000	
Crown Thickness	mm	9.310	4.751
Ultimate Tensile Strength	N/mm2	260.000	
Core Material		Poliuretano	
Resin Specific Gravity		1.200	
Web Thickness	mm	4.751	4.388
Fibre Content		0.600	
Weight/Unit Length	kg/m	7.749	



Zona estructural: Fondo

Elemento estructural: Quilla

Número de elemento: 4

Description	Fibre Type	Fibre Content	Thickness (mm)	Weight (g/m2)
	Mat 300	0.333	0.709	300.000
	Mat 600	0.333	1.418	600.000
	T 840	0.600	0.950	840.000
	T 840	0.600	0.950	840.000
	Mat 300	0.333	0.709	300.000
	PVC		20.000	
	Mat 300	0.333	0.709	300.000
	T 840	0.600	0.950	840.000
	T 840	0.600	0.950	840.000
	Mat 600	0.333	1.418	600.000

Property	Units	Entered
<i>Compressive Modulus</i>	N/mm2	11952.230
<i>Inner skin compressive modulus</i>	N/mm2	12359.940
<i>Outer skin compressive modulus</i>	N/mm2	11605.547
<i>Thickness</i>	mm	28.764
<i>Tensile Modulus</i>	N/mm2	11551.327
<i>Ultimate Flexural Strength</i>	N/mm2	212.369
<i>Fibre Content</i>		0.459
<i>Weight/Unit Area</i>	kg/m2	13.506
<i>Inner skin critical wrinkling stress</i>	N/mm2	155.421
<i>Outer skin critical wrinkling stress</i>	N/mm2	152.193
<i>Resin Specific Gravity</i>		1.200



Zona estructural: Fondo

Elemento estructural: Roda

Número de elemento: -

Description	Fibre Type	Fibre Content	Thickness (mm)	Weight (g/m2)
	Mat 300	0.333	0.709	300.000
	T 840	0.600	0.950	840.000
	T 840	0.600	0.950	840.000
	PVC		10.000	
	T 840	0.600	0.950	840.000
	T 840	0.600	0.950	840.000
	Mat 300	0.333	0.709	300.000

Property	Units	Entered
Compressive Modulus	N/mm2	15098.449
Inner skin compressive modulus	N/mm2	15098.449
Outer skin compressive modulus	N/mm2	15098.449
Thickness	mm	15.219
Tensile Modulus	N/mm2	14645.993
Ultimate Flexural Strength	N/mm2	250.488
Fibre Content		0.535
Weight/Unit Area	kg/m2	8.202
Inner skin critical wrinkling stress	N/mm2	166.143
Outer skin critical wrinkling stress	N/mm2	166.143
Resin Specific Gravity		1.200



Zona estructural: Doble fondo

Elemento estructural: Forro

Número de elemento: 5

Description	Fibre Type	Fibre Content	Thickness (mm)	Weight (g/m2)
	Mat 600	0.333	1.418	600.000
	Mat 600	0.333	1.418	600.000
	T 840	0.600	0.950	840.000
	T 840	0.600	0.950	840.000
	T 840	0.600	0.950	840.000
	Mat 300	0.333	0.709	300.000
	PVC		15.000	
	Mat 300	0.333	0.709	300.000
	T 840	0.600	0.950	840.000
	T 840	0.600	0.950	840.000
	T 840	0.600	0.950	840.000
	Mat 600	0.333	1.418	600.000

Property	Units	Entered
<i>Compressive Modulus</i>	N/mm2	12674.104
<i>Inner skin compressive modulus</i>	N/mm2	13436.668
<i>Outer skin compressive modulus</i>	N/mm2	12080.601
<i>Thickness</i>	mm	26.373
<i>Tensile Modulus</i>	N/mm2	12261.373
<i>Ultimate Flexural Strength</i>	N/mm2	220.877
<i>Fibre Content</i>		0.477
<i>Weight/Unit Area</i>	kg/m2	16.807
<i>Inner skin critical wrinkling stress</i>	N/mm2	159.810
<i>Outer skin critical wrinkling stress</i>	N/mm2	154.242
<i>Resin Specific Gravity</i>		1.200



Zona estructural: Doble fondo

Elemento estructural: Eslora

Número de elemento: 6

Description	Fibre Type	Fibre Content	Thickness (mm)	Weight (g/m2)	Web Extent Type	Boundary Bonding Type
	Mat 600	0.333	1.418	600.000	Full	Standard
	T 840	0.600	0.950	840.000	Full	Standard
	UD 800 Vidrio	0.541	1.570	1200.000	None	
	T 840	0.600	0.950	840.000	Full	Standard

Property	Units	Entered	Required
Width of Base	mm	120.000	
Width of Crown	mm	80.000	
Web Depth	mm	120.000	
Crown Thickness	mm	4.889	3.318
Ultimate Tensile Strength	N/mm2	0.000	
Core Material		Poliuretano	
Resin Specific Gravity		1.200	
Web Thickness	mm	3.318	3.269
Fibre Content		0.495	
Weight/Unit Length	kg/m	2.979	



Zona estructural: Doble fondo

Elemento estructural: Bao

Número de elemento: 7

Description	Fibre Type	Fibre Content	Thickness (mm)	Weight (g/m2)	Web Extent Type	Boundary Bonding Type
	Mat 600	0.333	1.418	600.000	Full	Standard
	T 840	0.600	0.950	840.000	Full	Standard
	UD 800 Vidrio	0.541	1.570	1200.000	None	
	T 840	0.600	0.950	840.000	Full	Standard
	Mat 600	0.333	1.418	600.000	Full	Standard

Property	Units	Entered	Required
Width of Base	mm	140.000	
Width of Crown	mm	100.000	
Web Depth	mm	140.000	
Crown Thickness	mm	6.307	4.736
Ultimate Tensile Strength	N/mm2	0.000	
Core Material		Poliuretano	
Resin Specific Gravity		1.200	
Web Thickness	mm	4.736	3.850
Fibre Content		0.450	
Weight/Unit Length	kg/m	4.551	



Zona estructural: Costado interior

Elemento estructural: Forro

Número de elemento: 8

Description	Fibre Type	Fibre Content	Thickness (mm)	Weight (g/m2)
	Mat 600	0.333	1.418	600.000
	T 840	0.600	0.950	840.000
	T 840	0.600	0.950	840.000
	T 840	0.600	0.950	840.000
	Mat 600	0.333	1.418	600.000
	PVC		25.000	
	Mat 600	0.333	1.418	600.000
	T 840	0.600	0.950	840.000
	T 840	0.600	0.950	840.000
	T 840	0.600	0.950	840.000
	Mat 600	0.333	1.418	600.000

Property	Units	Entered
<i>Compressive Modulus</i>	N/mm2	12674.104
<i>Inner skin compressive modulus</i>	N/mm2	12674.104
<i>Outer skin compressive modulus</i>	N/mm2	12674.104
<i>Thickness</i>	mm	36.373
<i>Tensile Modulus</i>	N/mm2	12261.373
<i>Ultimate Flexural Strength</i>	N/mm2	220.877
<i>Fibre Content</i>		0.477
<i>Weight/Unit Area</i>	kg/m2	17.607
<i>Inner skin critical wrinkling stress</i>	N/mm2	156.727
<i>Outer skin critical wrinkling stress</i>	N/mm2	156.727
<i>Resin Specific Gravity</i>		1.200



Zona estructural: Costado interior

Elemento estructural: Eslora

Número de elemento: 9

Description	Fibre Type	Fibre Content	Thickness (mm)	Weight (g/m2)	Web Extent Type	Boundary Bonding Type
	Mat 600	0.333	1.418	600.000	Full	Standard
	T 840	0.600	0.950	840.000	Full	Standard
	T 840	0.600	0.950	840.000	Full	Standard
	Mat 600	0.333	1.418	600.000	Full	Standard
	UD 800 Vidrio	0.541	1.570	1200.000	None	
	Mat 600	0.333	1.418	600.000	Full	Standard
	T 840	0.600	0.950	840.000	Full	Standard
	T 840	0.600	0.950	840.000	Full	Standard

Property	Units	Entered	Required
Width of Base	mm	120.000	
Width of Crown	mm	80.000	
Web Depth	mm	130.000	
Crown Thickness	mm	9.625	8.055
Ultimate Tensile Strength	N/mm2	0.000	
Core Material		Poliuretano	
Resin Specific Gravity		1.200	
Web Thickness	mm	8.055	3.567
Fibre Content		0.469	
Weight/Unit Length	kg/m	6.625	



Zona estructural: Costado interior

Elemento estructural: Bulárcama

Número de elemento: 10

Description	Fibre Type	Fibre Content	Thickness (mm)	Weight (g/m2)	Web Extent Type	Boundary Bonding Type
	Mat 600	0.600	0.950	840.000	Full	Standard
	T 840	0.600	0.950	840.000	Full	Standard
	T 840	0.600	0.950	840.000	Full	Standard
	UD 800 Vidrio	0.541	1.570	1200.000	None	
	Mat 600	0.333	1.418	600.000	None	
	UD 800 Vidrio	0.541	1.570	1200.000	None	
	T 840	0.600	0.950	840.000	Full	Standard
	T 840	0.600	0.950	840.000	Full	Standard

Property	Units	Entered	Required
Width of Base	mm	200.000	
Width of Crown	mm	120.000	
Web Depth	mm	200.000	
Crown Thickness	mm	9.310	4.751
Ultimate Tensile Strength	N/mm2	260.000	
Core Material		Poliuretano	
Resin Specific Gravity		1.200	
Web Thickness	mm	4.751	4.388
Fibre Content		0.600	
Weight/Unit Length	kg/m	7.749	



Zona estructural: Costado exterior

Elemento estructural: Forro

Número de elemento: 11

Description	Fibre Type	Fibre Content	Thickness (mm)	Weight (g/m2)
	Mat 600	0.333	1.418	600.000
	T 840	0.600	0.950	840.000
	T 840	0.600	0.950	840.000
	T 840	0.600	0.950	840.000
	Mat 600	0.333	1.418	600.000
	PVC		25.000	
	Mat 600	0.333	1.418	600.000
	T 840	0.600	0.950	840.000
	T 840	0.600	0.950	840.000
	T 840	0.600	0.950	840.000
	Mat 600	0.333	1.418	600.000

Property	Units	Entered
<i>Compressive Modulus</i>	N/mm2	12674.104
<i>Inner skin compressive modulus</i>	N/mm2	12674.104
<i>Outer skin compressive modulus</i>	N/mm2	12674.104
<i>Thickness</i>	mm	36.373
<i>Tensile Modulus</i>	N/mm2	12261.373
<i>Ultimate Flexural Strength</i>	N/mm2	220.877
<i>Fibre Content</i>		0.477
<i>Weight/Unit Area</i>	kg/m2	17.607
<i>Inner skin critical wrinkling stress</i>	N/mm2	156.727
<i>Outer skin critical wrinkling stress</i>	N/mm2	156.727
<i>Resin Specific Gravity</i>		1.200



Zona estructural: Costado exterior

Elemento estructural: Eslora

Número de elemento: 12

Description	Fibre Type	Fibre Content	Thickness (mm)	Weight (g/m2)	Web Extent Type	Boundary Bonding Type
	Mat 600	0.333	1.418	600.000	Full	Standard
	T 840	0.600	0.950	840.000	Full	Standard
	T 840	0.600	0.950	840.000	Full	Standard
	Mat 600	0.333	1.418	600.000	Full	Standard
	UD 800 Vidrio	0.541	1.570	1200.000	None	
	Mat 600	0.333	1.418	600.000	Full	Standard
	T 840	0.600	0.950	840.000	Full	Standard
	T 840	0.600	0.950	840.000	Full	Standard

Property	Units	Entered	Required
Width of Base	mm	120.000	
Width of Crown	mm	80.000	
Web Depth	mm	130.000	
Crown Thickness	mm	9.625	8.055
Ultimate Tensile Strength	N/mm2	0.000	
Core Material		Poliuretano	
Resin Specific Gravity		1.200	
Web Thickness	mm	8.055	3.567
Fibre Content		0.469	
Weight/Unit Length	kg/m	6.625	



Zona estructural: Costado exterior

Elemento estructural: Bulárcama

Número de elemento: 13

Description	Fibre Type	Fibre Content	Thickness (mm)	Weight (g/m2)	Web Extent Type	Boundary Bonding Type
	Mat 600	0.600	0.950	840.000	Full	Standard
	T 840	0.600	0.950	840.000	Full	Standard
	T 840	0.600	0.950	840.000	Full	Standard
	UD 800 Vidrio	0.541	1.570	1200.000	None	
	Mat 600	0.333	1.418	600.000	None	
	UD 800 Vidrio	0.541	1.570	1200.000	None	
	T 840	0.600	0.950	840.000	Full	Standard
	T 840	0.600	0.950	840.000	Full	Standard

Property	Units	Entered	Required
Width of Base	mm	200.000	
Width of Crown	mm	120.000	
Web Depth	mm	200.000	
Crown Thickness	mm	9.310	4.751
Ultimate Tensile Strength	N/mm2	260.000	
Core Material		Poliuretano	
Resin Specific Gravity		1.200	
Web Thickness	mm	4.751	4.388
Fibre Content		0.600	
Weight/Unit Length	kg/m	7.749	



Zona estructural: Túnel

Elemento estructural: Forro

Número de elemento: 14

Description	Fibre Type	Fibre Content	Thickness (mm)	Weight (g/m2)
	Mat 600	0.333	1.418	600.000
	T 840	0.600	0.950	840.000
	T 840	0.600	0.950	840.000
	T 840	0.600	0.950	840.000
	Mat 600	0.333	1.418	600.000
	PVC		35.000	
	Mat 600	0.333	1.418	600.000
	T 840	0.600	0.950	840.000
	T 840	0.600	0.950	840.000
	T 840	0.600	0.950	840.000

Property	Units	Entered
<i>Compressive Modulus</i>	N/mm2	13436.668
<i>Inner skin compressive modulus</i>	N/mm2	14452.526
<i>Outer skin compressive modulus</i>	N/mm2	12674.104
<i>Thickness</i>	mm	44.955
<i>Tensile Modulus</i>	N/mm2	13011.442
<i>Ultimate Flexural Strength</i>	N/mm2	230.030
<i>Fibre Content</i>		0.495
<i>Weight/Unit Area</i>	kg/m2	16.605
<i>Inner skin critical wrinkling stress</i>	N/mm2	163.739
<i>Outer skin critical wrinkling stress</i>	N/mm2	156.727
<i>Resin Specific Gravity</i>		1.200



Zona estructural: Túnel

Elemento estructural: Eslora

Número de elemento: 15

Description	Fibre Type	Fibre Content	Thickness (mm)	Weight (g/m2)	Web Extent Type	Boundary Bonding Type
	Mat 300	0.333	0.709	300.000	Full	Standard
	Mat 600	0.333	1.418	600.000	Full	Standard
	UD 600 Carbon	0.500	0.905	600.000	None	
	UD 600 Carbon	0.500	0.905	600.000	None	
	Mat 600	0.333	1.418	600.000	Full	Standard
	UD 600 Carbon	0.500	0.905	600.000	None	
	UD 600 Carbon	0.500	0.905	600.000	None	
	Mat 600	0.333	1.418	600.000	Full	Standard
	UD 600 Carbon	0.500	0.905	600.000	None	
	UD 600 Carbon	0.500	0.905	600.000	None	
	Mat 600	0.333	1.418	600.000	Full	Standard
	UD 600 Carbon	0.500	0.905	600.000	None	
	UD 600 Carbon	0.500	0.905	600.000	None	
	Mat 600	0.333	1.418	600.000	Full	Standard
	UD 600 Carbon	0.500	0.905	600.000	None	
	UD 600 Carbon	0.500	0.905	600.000	None	
	Mat 600	0.333	1.418	600.000	Full	Standard
	Mat 300	0.333	0.709	300.000	Full	Standard

Property	Units	Entered	Required
Width of Base	mm	120.000	
Width of Crown	mm	80.000	
Web Depth	mm	100.000	
Crown Thickness	mm	15.751	8.507
Ultimate Tensile Strength	N/mm2	0.000	
Core Material		Poliuretano	
Resin Specific Gravity		1.200	
Web Thickness	mm	8.507	3.452
Fibre Content		0.333	
Weight/Unit Length	kg/m	7.201	



Zona estructural: Túnel

Elemento estructural: Bulárcama

Número de elemento: 16

Description	Fibre Type	Fibre Content	Thickness (mm)	Weight (g/m2)	Web Extent Type	Boundary Bonding Type
	Mat 600	0.600	0.950	840.000	Full	Standard
	T 840	0.600	0.950	840.000	Full	Standard
	T 840	0.600	0.950	840.000	Full	Standard
	UD 800 Vidrio	0.541	1.570	1200.000	None	
	T 840	0.600	0.950	840.000	Full	Standard
	T 840	0.600	0.950	840.000	Full	Standard

Property	Units	Entered	Required
Width of Base	mm	200.000	
Width of Crown	mm	120.000	
Web Depth	mm	200.000	
Crown Thickness	mm	6.321	4.751
Ultimate Tensile Strength	N/mm2	260.000	
Core Material		Poliuretano	
Resin Specific Gravity		1.200	
Web Thickness	mm	4.751	4.388
Fibre Content		0.600	
Weight/Unit Length	kg/m	6.824	



Zona estructural: Cubiertas

Elemento estructural: Forro Cbta. Principal intemperie

Número de elemento: 17

Description	Fibre Type	Fibre Content	Thickness (mm)	Weight (g/m2)
	Mat 600	0.333	1.418	600.000
	T 840	0.600	0.950	840.000
	T 840	0.600	0.950	840.000
	T 840	0.600	0.950	840.000
	PVC		25.000	
	T 840	0.600	0.950	840.000
	T 840	0.600	0.950	840.000
	T 840	0.600	0.950	840.000
	Mat 600	0.333	1.418	600.000

Property	Units	Entered
<i>Compressive Modulus</i>	N/mm2	14452.526
<i>Inner skin compressive modulus</i>	N/mm2	14452.526
<i>Outer skin compressive modulus</i>	N/mm2	14452.526
<i>Thickness</i>	mm	33.537

<i>Tensile Modulus</i>	N/mm2	14010.654
<i>Ultimate Flexural Strength</i>	N/mm2	242.459
<i>Fibre Content</i>		0.520
<i>Weight/Unit Area</i>	kg/m2	14.004
<i>Inner skin critical wrinkling stress</i>	N/mm2	163.739
<i>Outer skin critical wrinkling stress</i>	N/mm2	163.739
<i>Resin Specific Gravity</i>		1.200



Zona estructural: Cubiertas

Elemento estructural: Forro Cbta. Principal interior

Número de elemento: 18

Description	Fibre Type	Fibre Content	Thickness (mm)	Weight (g/m2)
	Mat 600	0.333	1.418	600.000
	T 840	0.600	0.950	840.000
	T 840	0.600	0.950	840.000
	PVC		25.000	
	T 840	0.600	0.950	840.000
	T 840	0.600	0.950	840.000
	Mat 600	0.333	1.418	600.000

Property	Units	Entered
Compressive Modulus	N/mm2	13436.668
Inner skin compressive modulus	N/mm2	13436.668
Outer skin compressive modulus	N/mm2	13436.668
Thickness	mm	31.637
Tensile Modulus	N/mm2	13011.442
Ultimate Flexural Strength	N/mm2	230.030
Fibre Content		0.495
Weight/Unit Area	kg/m2	11.204
Inner skin critical wrinkling stress	N/mm2	159.810
Outer skin critical wrinkling stress	N/mm2	159.810
Resin Specific Gravity		1.200



Zona estructural: Cubiertas

Elemento estructural: Forro Cbta. Superior

Número de elemento: 19

Description	Fibre Type	Fibre Content	Thickness (mm)	Weight (g/m2)
	Mat 600	0.333	1.418	600.000
	T 840	0.600	0.950	840.000
	T 840	0.600	0.950	840.000
	PVC		20.000	
	T 840	0.600	0.950	840.000
	T 840	0.600	0.950	840.000
	Mat 600	0.333	1.418	600.000

Property	Units	Entered
Compressive Modulus	N/mm2	13436.668
Inner skin compressive modulus	N/mm2	13436.668
Outer skin compressive modulus	N/mm2	13436.668
Thickness	mm	26.637
Tensile Modulus	N/mm2	13011.442
Ultimate Flexural Strength	N/mm2	230.030
Fibre Content		0.495
Weight/Unit Area	kg/m2	10.804
Inner skin critical wrinkling stress	N/mm2	159.810
Outer skin critical wrinkling stress	N/mm2	159.810
Resin Specific Gravity		1.200



Zona estructural: Cubiertas

Elemento estructural: Eslora Cbta. Principal

Número de elemento: 20

Description	Fibre Type	Fibre Content	Thickness (mm)	Weight (g/m2)	Web Extent Type	Boundary Bonding Type
	Mat 600	0.333	1.418	600.000	Full	Standard
	T 840	0.600	0.950	840.000	Full	Standard
	T 840	0.600	0.950	840.000	Full	Standard
	Mat 300	0.333	0.709	300.000	Full	Standard
	UD 800 Vidrio	0.541	1.570	1200.000	None	
	UD 800 Vidrio	0.541	1.570	1200.000	None	
	UD 800 Vidrio	0.541	1.570	1200.000	None	
	Mat 300	0.333	0.709	300.000	Full	Standard
	T 840	0.600	0.950	840.000	Full	Standard
	Mat 600	0.333	1.418	600.000	Full	Standard
	Mat 600	0.333	1.418	600.000	Full	Standard

Property	Units	Entered	Required
Width of Base	mm	100.000	
Width of Crown	mm	60.000	
Web Depth	mm	110.000	
Crown Thickness	mm	13.234	8.522
Ultimate Tensile Strength	N/mm2	0.000	
Core Material		Poliuretano	
Resin Specific Gravity		1.200	
Web Thickness	mm	8.522	3.289
Fibre Content		0.431	
Weight/Unit Length	kg/m	6.936	



Zona estructural: Cubiertas

Elemento estructural: Eslora crujia Cbta. Superior

Número de elemento: 21

Description	Fibre Type	Fibre Content	Thickness (mm)	Weight (g/m2)	Web Extent Type	Boundary Bonding Type
	Mat 600	0.333	1.418	600.000	Full	Standard
	T 840	0.600	0.950	840.000	Full	Standard
	T 840	0.600	0.950	840.000	Full	Standard
	UD 800 Vidrio	0.541	1.570	1200.000	None	
	UD 800 Vidrio	0.541	1.570	1200.000	None	
	UD 800 Vidrio	0.541	1.570	1200.000	None	
	Mat 600	0.333	1.418	600.000	Full	Standard
	UD 800 Vidrio	0.541	1.570	1200.000	None	
	UD 800 Vidrio	0.541	1.570	1200.000	None	
	UD 800 Vidrio	0.541	1.570	1200.000	None	
	T 840	0.600	0.950	840.000	Full	Standard
	T 840	0.600	0.950	840.000	Full	Standard
	Mat 600	0.333	1.418	600.000	Full	Standard
	Mat 300	0.333	0.709	300.000	Full	Standard

Property	Units	Entered	Required
Width of Base	mm	90.000	
Width of Crown	mm	60.000	
Web Depth	mm	100.000	
Crown Thickness	mm	18.186	8.764
Ultimate Tensile Strength	N/mm2	0.000	
Core Material		Poliuretano	
Resin Specific Gravity		1.200	
Web Thickness	mm	8.764	2.985
Fibre Content		0.459	
Weight/Unit Length	kg/m	7.847	



Zona estructural: Cubiertas

Elemento estructural: Eslora (2,70 m) Cbta. Superior

Número de elemento: 22

Description	Fibre Type	Fibre Content	Thickness (mm)	Weight (g/m2)	Web Extent Type	Boundary Bonding Type
	Mat 600	0.333	1.418	600.000	Full	Standard
	T 840	0.600	0.950	840.000	Full	Standard
	T 840	0.600	0.950	840.000	Full	Standard
	T 840	0.600	0.950	840.000	Full	Standard
	Mat 300	0.333	0.709	300.000	Full	Standard
	UD 800 Vidrio	0.541	1.570	1200.000	None	
	UD 800 Vidrio	0.541	1.570	1200.000	None	
	Mat 300	0.333	0.709	300.000	None	
	UD 800 Vidrio	0.541	1.570	1200.000	None	
	UD 800 Vidrio	0.541	1.570	1200.000	None	
	T 840	0.600	0.950	840.000	Full	Standard
	T 840	0.600	0.950	840.000	Full	Standard
	Mat 300	0.333	0.709	300.000	Full	Standard
	T 840	0.600	0.950	840.000	Full	Standard

Property	Units	Entered	Required
Width of Base	mm	180.000	
Width of Crown	mm	150.000	
Web Depth	mm	100.000	
Crown Thickness	mm	17.896	10.905
Ultimate Tensile Strength	N/mm2	0.000	
Core Material		Poliuretano	
Resin Specific Gravity		1.200	
Web Thickness	mm	10.905	2.842
Fibre Content		0.505	
Weight/Unit Length	kg/m	12.582	



Zona estructural: Cubiertas

Elemento estructural: Bao Cbta. Principal

Número de elemento: 23

Description	Fibre Type	Fibre Content	Thickness (mm)	Weight (g/m2)	Web Extent Type	Boundary Bonding Type
	Mat 600	0.333	1.418	600.000	Full	Standard
	T 840	0.600	0.950	840.000	Full	Standard
	UD 800 Vidrio	0.541	1.570	1200.000	None	
	UD 800 Vidrio	0.541	1.570	1200.000	None	
	UD 800 Vidrio	0.541	1.570	1200.000	None	
	T 840	0.600	0.950	840.000	Full	Standard
	Mat 600	0.333	1.418	600.000	Full	Standard
	Mat 300	0.333	0.709	300.000	Full	Standard

Property	Units	Entered	Required
Width of Base	mm	180.000	
Width of Crown	mm	100.000	
Web Depth	mm	180.000	
Crown Thickness	mm	10.157	5.445
Ultimate Tensile Strength	N/mm2	0.000	
Core Material		Poliuretano	
Resin Specific Gravity		1.200	
Web Thickness	mm	5.445	4.762
Fibre Content		0.435	
Weight/Unit Length	kg/m	7.021	



Zona estructural: Cubiertas

Elemento estructural: Bao Cbta. Superior

Número de elemento: 24

Description	Fibre Type	Fibre Content	Thickness (mm)	Weight (g/m2)	Web Extent Type	Boundary Bonding Type
	Mat 600	0.333	1.418	600.000	Full	Standard
	T 840	0.600	0.950	840.000	Full	Standard
	Mat 300	0.333	0.709	300.000	Full	Standard
	UD 800 Vidrio	0.541	1.570	1200.000	None	
	UD 800 Vidrio	0.541	1.570	1200.000	None	
	UD 800 Vidrio	0.541	1.570	1200.000	None	
	Mat 300	0.333	0.709	300.000	Full	Standard
	T 840	0.600	0.950	840.000	Full	Standard
	Mat 600	0.333	1.418	600.000	Full	Standard
	Mat 300	0.333	0.709	300.000	Full	Standard

Property	Units	Entered	Required
Width of Base	mm	150.000	
Width of Crown	mm	80.000	
Web Depth	mm	150.000	
Crown Thickness	mm	11.574	6.863
Ultimate Tensile Strength	N/mm2	0.000	
Core Material		Poliuretano	
Resin Specific Gravity		1.200	
Web Thickness	mm	6.863	4.219
Fibre Content		0.415	
Weight/Unit Length	kg/m	7.152	



Zona estructural: Superestructura

Elemento estructural: Forro costado

Número de elemento: 25

Description	Fibre Type	Fibre Content	Thickness (mm)	Weight (g/m2)
	Mat 600	0.333	1.418	600.000
	T 840	0.600	0.950	840.000
	T 840	0.600	0.950	840.000
	PVC		10.000	
	T 840	0.600	0.950	840.000
	T 840	0.600	0.950	840.000
	Mat 600	0.333	1.418	600.000

Property	Units	Entered
<i>Compressive Modulus</i>	N/mm2	13436.668
<i>Inner skin compressive modulus</i>	N/mm2	13436.668
<i>Outer skin compressive modulus</i>	N/mm2	13436.668
<i>Thickness</i>	mm	16.637
<i>Tensile Modulus</i>	N/mm2	13011.442
<i>Ultimate Flexural Strength</i>	N/mm2	230.030
<i>Fibre Content</i>		0.495
<i>Weight/Unit Area</i>	kg/m2	10.004
<i>Inner skin critical wrinkling stress</i>	N/mm2	159.810
<i>Outer skin critical wrinkling stress</i>	N/mm2	159.810
<i>Resin Specific Gravity</i>		1.200



Zona estructural: Superestructura

Elemento estructural: Forro techo

Número de elemento: 26

Description	Fibre Type	Fibre Content	Thickness (mm)	Weight (g/m2)
	Mat 600	0.333	1.418	600.000
	T 840	0.600	0.950	840.000
	T 840	0.600	0.950	840.000
	PVC		10.000	
	T 840	0.600	0.950	840.000
	T 840	0.600	0.950	840.000
	Mat 600	0.333	1.418	600.000

Property	Units	Entered
Compressive Modulus	N/mm2	13436.668
Inner skin compressive modulus	N/mm2	13436.668
Outer skin compressive modulus	N/mm2	13436.668
Thickness	mm	16.637
Tensile Modulus	N/mm2	13011.442
Ultimate Flexural Strength	N/mm2	230.030
Fibre Content		0.495
Weight/Unit Area	kg/m2	10.004
Inner skin critical wrinkling stress	N/mm2	159.810
Outer skin critical wrinkling stress	N/mm2	159.810
Resin Specific Gravity		1.200



Zona estructural: Superestructura

Elemento estructural: Eslora costado

Número de elemento: 27

Description	Fibre Type	Fibre Content	Thickness (mm)	Weight (g/m2)	Web Extent Type	Boundary Bonding Type
	Mat 600	0.333	1.418	600.000	Full	Standard
	T 840	0.600	0.950	840.000	Full	Standard
	UD 800 Vidrio	0.541	1.570	1200.000	None	
	UD 800 Vidrio	0.541	1.570	1200.000	None	
	T 840	0.600	0.950	840.000	Full	Standard
	Mat 600	0.333	1.418	600.000	Full	Standard

Property	Units	Entered	Required
Width of Base	mm	80.000	
Width of Crown	mm	40.000	
Web Depth	mm	80.000	
Crown Thickness	mm	7.877	4.736
Ultimate Tensile Strength	N/mm2	0.000	
Core Material		Poliuretano	
Resin Specific Gravity		1.200	
Web Thickness	mm	4.736	2.595
Fibre Content		0.450	
Weight/Unit Length	kg/m	2.765	



Zona estructural: Superestructura

Elemento estructural: Eslora crujía techo

Número de elemento: 28

Description	Fibre Type	Fibre Content	Thickness (mm)	Weight (g/m2)	Web Extent Type	Boundary Bonding Type
	Mat 600	0.333	1.418	600.000	Full	Standard
	T 840	0.600	0.950	840.000	Full	Standard
	UD 800 Vidrio	0.541	1.570	1200.000	None	
	UD 800 Vidrio	0.541	1.570	1200.000	None	
	T 840	0.600	0.950	840.000	Full	Standard
	Mat 600	0.333	1.418	600.000	Full	Standard

Property	Units	Entered	Required
Width of Base	mm	80.000	
Width of Crown	mm	40.000	
Web Depth	mm	80.000	
Crown Thickness	mm	7.877	4.736
Ultimate Tensile Strength	N/mm2	0.000	
Core Material		Poliuretano	
Resin Specific Gravity		1.200	
Web Thickness	mm	4.736	2.595
Fibre Content		0.450	
Weight/Unit Length	kg/m	2.765	



Zona estructural: Superestructura

Elemento estructural: Eslora (2,7 m) techo

Número de elemento: 29

Description	Fibre Type	Fibre Content	Thickness (mm)	Weight (g/m2)	Web Extent Type	Boundary Bonding Type
	Mat 600	0.333	1.418	600.000	Full	Standard
	T 840	0.600	0.950	840.000	Full	Standard
	UD 800 Vidrio	0.541	1.570	1200.000	None	
	T 840	0.600	0.950	840.000	Full	Standard
	Mat 600	0.333	1.418	600.000	Full	Standard

Property	Units	Entered	Required
Width of Base	mm	180.000	
Width of Crown	mm	150.000	
Web Depth	mm	80.000	
Crown Thickness	mm	6.307	4.736
Ultimate Tensile Strength	N/mm2	0.000	
Core Material		Poliuretano	
Resin Specific Gravity		1.200	
Web Thickness	mm	4.736	2.595
Fibre Content		0.450	
Weight/Unit Length	kg/m	3.979	



Zona estructural: Superestructura

Elemento estructural: Cuaderna

Número de elemento: 30

Description	Fibre Type	Fibre Content	Thickness (mm)	Weight (g/m2)	Web Extent Type	Boundary Bonding Type
	Mat 600	0.600	0.950	840.000	Full	Standard
	T 840	0.600	0.950	840.000	Full	Standard
	UD 800 Vidrio	0.541	1.570	1200.000	None	
	UD 800 Vidrio	0.541	1.570	1200.000	None	
	T 840	0.600	0.950	840.000	Full	Standard
	Mat 600	0.333	1.418	600.000	Full	Standard

Property	Units	Entered	Required
Width of Base	mm	140.000	
Width of Crown	mm	80.000	
Web Depth	mm	140.000	
Crown Thickness	mm	7.409	4.268
Ultimate Tensile Strength	N/mm2	260.000	
Core Material		Poliuretano	
Resin Specific Gravity		1.200	
Web Thickness	mm	4.268	3.598
Fibre Content		0.514	
Weight/Unit Length	kg/m	4.331	



Zona estructural: Superestructura

Elemento estructural: Bao techo

Número de elemento: 31

Description	Fibre Type	Fibre Content	Thickness (mm)	Weight (g/m2)	Web Extent Type	Boundary Bonding Type
	Mat 600	0.333	1.418	600.000	Full	Standard
	T 840	0.600	0.950	840.000	Full	Standard
	UD 800 Vidrio	0.541	1.570	1200.000	None	
	T 840	0.600	0.950	840.000	Full	Standard
	Mat 600	0.333	1.418	600.000	Full	Standard

Property	Units	Entered	Required
Width of Base	mm	140.000	
Width of Crown	mm	80.000	
Web Depth	mm	140.000	
Crown Thickness	mm	7.409	4.268
Ultimate Tensile Strength	N/mm2	260.000	
Core Material		Poliuretano	
Resin Specific Gravity		1.200	
Web Thickness	mm	4.268	3.598
Fibre Content		0.514	
Weight/Unit Length	kg/m	4.331	



Zona estructural: Mamparos

Elemento estructural: Forro transversal

Número de elemento: 33

Description	Fibre Type	Fibre Content	Thickness (mm)	Weight (g/m2)
	Mat 600	0.333	1.418	600.000
	T 840	0.600	0.950	840.000
	T 840	0.600	0.950	840.000
	PVC		20.000	
	T 840	0.600	0.950	840.000
	T 840	0.600	0.950	840.000
	Mat 600	0.333	1.418	600.000

Property	Units	Entered
Compressive Modulus	N/mm2	13436.668
Inner skin compressive modulus	N/mm2	13436.668
Outer skin compressive modulus	N/mm2	13436.668
Thickness	mm	26.637
Tensile Modulus	N/mm2	13011.442
Ultimate Flexural Strength	N/mm2	230.030
Fibre Content		0.495
Weight/Unit Area	kg/m2	10.804
Inner skin critical wrinkling stress	N/mm2	159.810
Outer skin critical wrinkling stress	N/mm2	159.810
Resin Specific Gravity		1.200



Zona estructural: Mamparos

Elemento estructural: Forro longitudinal

Número de elemento: 34

Description	Fibre Type	Fibre Content	Thickness (mm)	Weight (g/m2)
	Mat 600	0.333	1.418	600.000
	T 840	0.600	0.950	840.000
	T 840	0.600	0.950	840.000
	PVC		35.000	
	T 840	0.600	0.950	840.000
	T 840	0.600	0.950	840.000
	Mat 600	0.333	1.418	600.000

Property	Units	Entered
<i>Compressive Modulus</i>	N/mm2	13436.668
<i>Inner skin compressive modulus</i>	N/mm2	13436.668
<i>Outer skin compressive modulus</i>	N/mm2	13436.668
<i>Thickness</i>	mm	41.637
<i>Tensile Modulus</i>	N/mm2	13011.442
<i>Ultimate Flexural Strength</i>	N/mm2	230.030
<i>Fibre Content</i>		0.495
<i>Weight/Unit Area</i>	kg/m2	12.004
<i>Inner skin critical wrinkling stress</i>	N/mm2	159.810
<i>Outer skin critical wrinkling stress</i>	N/mm2	159.810
<i>Resin Specific Gravity</i>		1.200



Zona estructural: Mamparos

Elemento estructural: Forro colisión

Número de elemento: 35

Description	Fibre Type	Fibre Content	Thickness (mm)	Weight (g/m2)
	Mat 600	0.333	1.418	600.000
	T 840	0.600	0.950	840.000
	T 840	0.600	0.950	840.000
	PVC		20.000	
	T 840	0.600	0.950	840.000
	T 840	0.600	0.950	840.000
	Mat 600	0.333	1.418	600.000

Property	Units	Entered
Compressive Modulus	N/mm2	13436.668
Inner skin compressive modulus	N/mm2	13436.668
Outer skin compressive modulus	N/mm2	13436.668
Thickness	mm	26.637
Tensile Modulus	N/mm2	13011.442
Ultimate Flexural Strength	N/mm2	230.030
Fibre Content		0.495
Weight/Unit Area	kg/m2	10.804
Inner skin critical wrinkling stress	N/mm2	159.810
Outer skin critical wrinkling stress	N/mm2	159.810
Resin Specific Gravity		1.200



Zona estructural: Mamparos

Elemento estructural: Refuerzo transversal

Número de elemento: 36

Description	Fibre Type	Fibre Content	Thickness (mm)	Weight (g/m2)	Web Extent Type	Boundary Bonding Type
	Mat 600	0.333	1.418	600.000	Full	Standard
	T 840	0.600	0.950	840.000	Full	Standard
	UD 800 Vidrio	0.541	1.570	1200.000	None	
	T 840	0.600	0.950	840.000	Full	Standard
	T 840	0.600	0.950	840.000	Full	Standard
	Mat 600	0.333	1.418	600.000	Full	Standard

Property	Units	Entered	Required
Width of Base	mm	120.000	
Width of Crown	mm	100.000	
Web Depth	mm	120.000	
Crown Thickness	mm	7.257	5.687
Ultimate Tensile Strength	N/mm2	0.000	
Core Material		Poliuretano	
Resin Specific Gravity		1.200	
Web Thickness	mm	5.687	3.334
Fibre Content		0.477	
Weight/Unit Length	kg/m	4.775	



Zona estructural: Mamparos

Elemento estructural: Refuerzo colisión

Número de elemento: 37

Description	Fibre Type	Fibre Content	Thickness (mm)	Weight (g/m2)	Web Extent Type	Boundary Bonding Type
	Mat 600	0.333	1.418	600.000	Full	Standard
	T 840	0.600	0.950	840.000	Full	Standard
	UD 800 Vidrio	0.541	1.570	1200.000	None	
	T 840	0.600	0.950	840.000	Full	Standard
	T 840	0.600	0.950	840.000	Full	Standard
	Mat 600	0.333	1.418	600.000	Full	Standard

Property	Units	Entered	Required
Width of Base	mm	120.000	
Width of Crown	mm	100.000	
Web Depth	mm	120.000	
Crown Thickness	mm	7.257	5.687
Ultimate Tensile Strength	N/mm2	0.000	
Core Material		Poliuretano	
Resin Specific Gravity		1.200	
Web Thickness	mm	5.687	3.334
Fibre Content		0.477	
Weight/Unit Length	kg/m	4.775	



ANEXO 4

Características mecánicas de los elementos estructurales



Zona estructural: Fondo

Elemento estructural: Forro

Número de elemento: 1

Property	Units	Entered	Derived	Required
Base Width of Stiffener	mm	200.000		
Inner Skin Thickness	mm	6.989		
Outer Skin Thickness	mm	6.989		
Weight of inner skin	g/m2	4560.000		2708.925
Weight of outer skin	g/m2	4560.000		3469.325
Direct Core Shear Stress	N/mm2	0.448		0.517
Bending Moment	Nm	2.796		
Poisson's Ratio		0.190		
Deflection	mm	1.842		3.670
Wrinkling Stress for inner skin	N/mm2	2.348		44.693
Wrinkling Stress for outer skin	N/mm2	2.335		44.693
X-ply rule compliance		PASS		
Thickness	mm	53.977		
Curvature	mm	64.000		
Panel Breadth	mm	367.000		
Panel Length	mm	1440.000		
Panel Aspect Ratio		3.924		
Stiffener Spacing	mm	567.000		
Neutral Axis	mm	26.622		
Stiffness	N cm4/mm2	104217.543		
Test At	mm	80.000		
Layup		Panel fondo		
Slamming Zone		Yes		
Below Tangential Point		Yes		
Height of Chine	m	0.000		
Height above Base	m	0.000		
Distance FWD of AP	m	10.660		
Design Pressure	kN/m2	114.816	114.816	
Vertical distance of underside of keel above baseline, zk	m	0.000		
Mean deadrise angle of bottom plating at location	deg	1.000		
Mean deadrise angle of side plating at local section	deg	84.000		



Ply Description	Actual Stress N/mm2	Allowable Stress N/mm2	Ultimate Stress N/mm2	Stress Fraction	C < > T
Mat 300	0.513	25.648	91.600	0.006	
T 840	1.249	64.400	230.000	0.005	
T 840	1.202	64.400	230.000	0.005	
Mat 300	0.462	25.648	91.600	0.005	
T 840	1.120	64.400	230.000	0.005	
T 840	1.074	64.400	230.000	0.005	
Mat 600	0.411	25.648	91.600	0.004	
PVC	0.005	0.700	2.500	0.002	
PVC	-0.005	-0.392	-1.400	0.003	
Mat 600	-0.415	-34.146	-121.950	0.003	
T 840	-1.069	-45.360	-162.000	0.007	
T 840	-1.117	-45.360	-162.000	0.007	
Mat 300	-0.469	-34.146	-121.950	0.004	
T 840	-1.201	-45.360	-162.000	0.007	
T 840	-1.249	-45.360	-162.000	0.008	
Mat 300	-0.523	-34.146	-121.950	0.004	



Zona estructural: Fondo

Elemento estructural: Eslora

Número de elemento: 2

Property	Units	Entered	Derived	Required
Shear Stress	N/mm2	12.654		22.653
Deflection	mm	2.005		10.667
Web Thickness	mm	8.055		3.567
Effective Span	m	1.600		
Stiffener Spacing	mm	567.000		
Width of Attached Plate	mm	399.543		
Bending Moment	Nm	-6816.190		
Profile		Eslora		
X-ply rule compliance		PASS		
Neutral Axis	mm	63.279		
Stiffness	N cm4/mm2	42256648.043		
Test At	mm	80.000		
Layup		Panel fondo		
Slamming Zone		No		
Below Tangential Point		Yes		
Height of Chine	m	0.000		
Height above Base	m	0.040		
Distance FWD of AP	m	2.900		
Design Pressure	kN/m2	65.677	65.677	
Vertical distance of underside of keel above baseline, zk	m	0.000		
Mean deadrise angle of bottom plating at location	deg	1.000		
Mean deadrise angle of side plating at local section	deg	82.000		

Ply Description	Actual Stress N/mm2	Allowable Stress N/mm2	Ultimate Stress N/mm2	Stress Fraction	C < > T
T 840	-37.839	-48.600	-162.000	0.234	
T 840	-37.563	-48.600	-162.000	0.232	
Mat 600	-15.164	-36.585	-121.950	0.124	
UD 800 Vidrio	-41.896	-64.389	-214.630	0.195	
Mat 600	-14.811	-36.585	-121.950	0.121	
T 840	-36.008	-48.600	-162.000	0.222	
T 840	-35.732	-48.600	-162.000	0.221	
Mat 600	-14.419	-36.585	-121.950	0.118	
Mat 300	1.050	27.480	91.600	0.011	
T 840	2.839	69.000	230.000	0.012	
T 840	3.119	69.000	230.000	0.014	
Mat 300	1.359	27.480	91.600	0.015	
T 840	3.612	69.000	230.000	0.016	
T 840	3.892	69.000	230.000	0.017	
Mat 600	1.668	27.480	91.600	0.018	
PVC	0.025	0.750	2.500	0.010	
Mat 600	6.351	27.480	91.600	0.069	
T 840	16.316	69.000	230.000	0.071	
T 840	16.596	69.000	230.000	0.072	
Mat 300	6.746	27.480	91.600	0.074	
T 840	17.089	69.000	230.000	0.074	
T 840	17.369	69.000	230.000	0.076	
Mat 300	7.055	27.480	91.600	0.077	



Zona estructural: Fondo

Elemento estructural: Bulárcama

Número de elemento: 3

Property	Units	Entered	Derived	Required
Shear Stress	N/mm2	6.059		28.380
Deflection	mm	0.016		2.835
Web Thickness	mm	4.751		4.388
Effective Span	m	0.567		
Stiffener Spacing	mm	1600.000		
Width of Attached Plate	mm	479.543		
Bending Moment	Nm	-220.175		
Profile		Bularcama		
X-ply rule compliance		PASS		
Neutral Axis	mm	82.142		
Stiffness	N cm4/mm2	110325016.399		
Test At	mm	100.000		
Layup		Panel fondo		
Below Tangential Point		Yes		
Height of Chine	m	0.000		
Height above Base	m	0.040		
Distance FWD of AP	m	2.400		
Design Pressure	kN/m2	39.994	39.994	
Vertical distance of underside of keel above baseline, zk	m	0.000		
Mean deadrise angle of bottom plating at location	deg	1.000		
Mean deadrise angle of side plating at local section	deg	84.000		

Ply Description	Actual Stress N/mm2	Allowable Stress N/mm2	Ultimate Stress N/mm2	Stress Fraction	C <> T
T 840	-0.651	-53.460	-162.000	0.004	
T 840	-0.647	-53.460	-162.000	0.004	
UD 800 Vidrio	-0.732	-70.828	-214.630	0.003	
Mat 600	-0.260	-40.244	-121.950	0.002	
UD 800 Vidrio	-0.719	-70.828	-214.630	0.003	
T 840	-0.628	-53.460	-162.000	0.004	
T 840	-0.624	-53.460	-162.000	0.004	
Mat 600	-0.252	-40.244	-121.950	0.002	
Mat 300	0.039	30.228	91.600	0.000	
T 840	0.101	75.900	230.000	0.000	
T 840	0.104	75.900	230.000	0.000	
Mat 300	0.043	30.228	91.600	0.000	
T 840	0.111	75.900	230.000	0.000	
T 840	0.114	75.900	230.000	0.000	
Mat 600	0.047	30.228	91.600	0.001	
PVC	0.001	0.825	2.500	0.000	
Mat 600	0.105	30.228	91.600	0.001	
T 840	0.268	75.900	230.000	0.001	
T 840	0.271	75.900	230.000	0.001	
Mat 300	0.110	30.228	91.600	0.001	
T 840	0.277	75.900	230.000	0.001	
T 840	0.281	75.900	230.000	0.001	
Mat 300	0.114	30.228	91.600	0.001	

Cuaderno 6 – Resistencia estructural



Zona estructural: Fondo

Elemento estructural: Quilla

Número de elemento: 4

Property	Units	Entered	Required
<i>Layup</i>		Quilla	
<i>Thickness</i>	mm	28.764	21.205
<i>Breadth</i>	mm	600.000	410.000

Zona estructural: Fondo

Elemento estructural: Roda

Número de elemento: -

Property	Units	Entered	Required
<i>Layup</i>		Roda	
<i>Thickness</i>	mm	15.219	14.240
<i>Breadth</i>	mm	420.000	410.000



Zona estructural: Doble fondo

Elemento estructural: Forro

Número de elemento: 5

Property	Units	Entered	Derived	Required
Base Width of Stiffener	mm	140.000		
Inner Skin Thickness	mm	4.978		
Outer Skin Thickness	mm	6.395		
Weight of inner skin	g/m2	3420.000		2708.925
Weight of outer skin	g/m2	4020.000		3469.325
Direct Core Shear Stress	N/mm2	0.303		0.517
Bending Moment	Nm	-1.038		
Poisson's Ratio		0.190		
Deflection	mm	2.524		5.740
Wrinkling Stress for inner skin	N/mm2	4.889		39.952
Wrinkling Stress for outer skin	N/mm2	3.192		38.560
X-ply rule compliance		PASS		
Thickness	mm	26.373		
Curvature	mm	0.000		
Panel Breadth	mm	574.000		
Panel Length	mm	1410.000		
Panel Aspect Ratio		2.456		
Stiffener Spacing	mm	714.000		
Neutral Axis	mm	13.126		
Stiffness	N cm4/mm2	14570.950		
Test At	mm	70.000		
Layup		Panel doble fondo		
Height above Base	m	1.000		
Distance FWD of AP	m	16.000		
Design Pressure	kN/m2	21.843	21.843	
Vertical distance of underside of keel above baseline, zk	m	0.000		

Ply Description	Actual Stress N/mm2	Allowable Stress N/mm2	Ultimate Stress N/mm2	Stress Fraction	C < > T
Mat 600	-0.691	-30.488	-121.950	0.006	
T 840	-1.517	-40.500	-162.000	0.009	
T 840	-1.395	-40.500	-162.000	0.009	
T 840	-1.273	-40.500	-162.000	0.008	
Mat 300	-0.468	-30.488	-121.950	0.004	
PVC	-0.005	-0.350	-1.400	0.004	
PVC	0.005	0.625	2.500	0.002	
Mat 300	0.371	22.900	91.600	0.004	
T 840	1.046	57.500	230.000	0.005	
T 840	1.165	57.500	230.000	0.005	
T 840	1.283	57.500	230.000	0.006	
Mat 600	0.584	22.900	91.600	0.006	
Mat 600	0.654	22.900	91.600	0.007	



Zona estructural: Doble fondo

Elemento estructural: Eslora

Número de elemento: 6

Property	Units	Entered	Derived	Required
Shear Stress	N/mm2	12.401		23.291
Deflection	mm	1.797		10.467
Web Thickness	mm	3.318		3.269
Effective Span	m	1.570		
Stiffener Spacing	mm	714.000		
Width of Attached Plate	mm	347.461		
Bending Moment	Nm	-3144.042		
Profile		Eslora		
X-ply rule compliance		PASS		
Neutral Axis	mm	37.102		
Stiffness	N cm4/mm2	14973680.605		
Test At	mm	0.000		
Layup		Panel doble fondo		
Height above Base	m	1.000		
Distance FWD of AP	m	16.000		
Design Pressure	kN/m2	17.864	17.864	
Vertical distance of underside of keel above baseline, zk	m	0.000		

Ply Description	Actual Stress N/mm2	Allowable Stress N/mm2	Ultimate Stress N/mm2	Stress Fraction	C <> T
T 840	-43.147	-48.600	-162.000	0.266	
UD 800 Vidrio	-48.612	-64.389	-214.630	0.226	
T 840	-42.194	-48.600	-162.000	0.260	
Mat 600	-17.013	-36.585	-121.950	0.140	
Mat 600	1.576	27.480	91.600	0.017	
T 840	4.463	69.000	230.000	0.019	
T 840	4.812	69.000	230.000	0.021	
T 840	5.162	69.000	230.000	0.022	
Mat 300	2.203	27.480	91.600	0.024	
PVC	0.031	0.750	2.500	0.013	
Mat 300	4.510	27.480	91.600	0.049	
T 840	11.544	69.000	230.000	0.050	
T 840	11.893	69.000	230.000	0.052	
T 840	12.242	69.000	230.000	0.053	
Mat 600	5.033	27.480	91.600	0.055	
Mat 600	5.241	27.480	91.600	0.057	



Zona estructural: Doble fondo

Elemento estructural: Bao

Número de elemento: 7

Property	Units	Entered	Derived	Required
Shear Stress	N/mm2	5.000		24.413
Deflection	mm	0.049		3.570
Web Thickness	mm	4.736		3.850
Effective Span	m	0.714		
Stiffener Spacing	mm	1570.000		
Width of Attached Plate	mm	367.461		
Bending Moment	Nm	-797.045		
Profile		Baos		
X-ply rule compliance		PASS		
Neutral Axis	mm	46.630		
Stiffness	N cm4/mm2	26042071.882		
Test At	mm	0.000		
Layup		Panel doble fondo		
Height above Base	m	1.000		
Distance FWD of AP	m	16.000		
Design Pressure	kN/m2	11.950	11.950	
Vertical distance of underside of keel above baseline, zk	m	0.000		

Ply Description	Actual Stress N/mm2	Allowable Stress N/mm2	Ultimate Stress N/mm2	Stress Fraction	C < > T
Mat 600	-2.824	-40.244	-121.950	0.023	
T 840	-6.866	-53.460	-162.000	0.042	
UD 800 Vidrio	-7.741	-70.828	-214.630	0.036	
T 840	-6.727	-53.460	-162.000	0.042	
Mat 600	-2.714	-40.244	-121.950	0.022	
Mat 600	0.434	30.228	91.600	0.005	
T 840	1.161	75.900	230.000	0.005	
T 840	1.212	75.900	230.000	0.005	
T 840	1.263	75.900	230.000	0.005	
Mat 300	0.525	30.228	91.600	0.006	
PVC	0.007	0.825	2.500	0.003	
Mat 300	0.861	30.228	91.600	0.009	
T 840	2.193	75.900	230.000	0.010	
T 840	2.244	75.900	230.000	0.010	
T 840	2.295	75.900	230.000	0.010	
Mat 600	0.938	30.228	91.600	0.010	
Mat 600	0.968	30.228	91.600	0.011	



Zona estructural: Costado interior

Elemento estructural: Forro

Número de elemento: 8

Property	Units	Entered	Derived	Required
Base Width of Stiffener	mm	200.000		
Inner Skin Thickness	mm	5.687		
Outer Skin Thickness	mm	5.687		
Weight of inner skin	g/m2	3720.000		2328.725
Weight of outer skin	g/m2	3720.000		3089.125
Direct Core Shear Stress	N/mm2	0.392		0.517
Bending Moment	Nm	-11.840		
Poisson's Ratio		0.190		
Deflection	mm	8.707		13.000
Wrinkling Stress for inner skin	N/mm2	11.278		47.018
Wrinkling Stress for outer skin	N/mm2	8.171		47.018
X-ply rule compliance		PASS		
Thickness	mm	36.373		
Curvature	mm	5.000		
Panel Breadth	mm	1300.000		
Panel Length	mm	1440.000		
Panel Aspect Ratio		1.108		
Stiffener Spacing	mm	1500.000		
Neutral Axis	mm	18.434		
Stiffness	N cm4/mm2	33753.035		
Test At	mm	80.000		
Layup		Panel costado interior		
Slamming Zone		No		
Height of Wet Deck	m	2.030		
Height of weather deck	m	4.700		
Height of Chine	m	1.362		
Height above Base	m	2.363		

Ply Description	Actual Stress N/mm2	Allowable Stress N/mm2	Ultimate Stress N/mm2	Stress Fraction	C <> T
Mat 600	-4.606	-36.585	-121.950	0.038	
T 840	-10.432	-48.600	-162.000	0.064	
T 840	-9.832	-48.600	-162.000	0.061	
T 840	-9.232	-48.600	-162.000	0.057	
Mat 600	-3.510	-36.585	-121.950	0.029	
PVC	-0.039	-0.420	-1.400	0.028	
PVC	0.042	0.750	2.500	0.017	
Mat 600	3.476	27.480	91.600	0.038	
T 840	9.279	69.000	230.000	0.040	
T 840	9.862	69.000	230.000	0.043	
T 840	10.446	69.000	230.000	0.045	
Mat 600	4.523	27.480	91.600	0.049	



Zona estructural: Costado interior

Elemento estructural: Eslora

Número de elemento: 9

Property	Units	Entered	Derived	Required
Shear Stress	N/mm2	9.157		22.653
Deflection	mm	1.918		10.667
Web Thickness	mm	8.055		3.567
Effective Span	m	1.600		
Stiffener Spacing	mm	1070.000		
Width of Attached Plate	mm	347.461		
Bending Moment	Nm	-5095.946		
Profile		Eslora		
X-ply rule compliance		PASS		
Neutral Axis	mm	59.009		
Stiffness	N cm4/mm2	31530134.252		
Test At	mm	70.000		
Layup		Panel costado exterior		
Slamming Zone		No		
Height of Wet Deck	m	2.030		
Height of weather deck	m	4.700		
Height of Chine	m	1.362		
Height above Base	m	1.666		
Distance FWD of AP	m	2.857		
Design Pressure	kN/m2	24.839	24.839	
Vertical distance of underside of keel above baseline, zk	m	0.000		
Mean deadrise angle of bottom plating at location	deg	1.000		
Mean deadrise angle of side plating at local section	deg	82.000		

Ply Description	Actual Stress N/mm2	Allowable Stress N/mm2	Ultimate Stress N/mm2	Stress Fraction	C <> T
T 840	-34.034	-48.600	-162.000	0.210	
T 840	-33.758	-48.600	-162.000	0.208	
Mat 600	-13.616	-36.585	-121.950	0.112	
UD 800 Vidrio	-37.571	-64.389	-214.630	0.175	
Mat 600	-13.262	-36.585	-121.950	0.109	
T 840	-32.200	-48.600	-162.000	0.199	
T 840	-31.923	-48.600	-162.000	0.197	
Mat 600	-12.870	-36.585	-121.950	0.106	
Mat 600	2.559	27.480	91.600	0.028	
T 840	6.803	69.000	230.000	0.030	
T 840	7.072	69.000	230.000	0.031	
T 840	7.341	69.000	230.000	0.032	
Mat 600	3.042	27.480	91.600	0.033	
PVC	0.043	0.750	2.500	0.017	
Mat 600	6.028	27.480	91.600	0.066	
T 840	15.482	69.000	230.000	0.067	
T 840	15.751	69.000	230.000	0.068	
T 840	16.020	69.000	230.000	0.070	
Mat 600	6.511	27.480	91.600	0.071	



Zona estructural: Costado interior

Elemento estructural: Bulárcama

Número de elemento: 10

Property	Units	Entered	Derived	Required
Shear Stress	N/mm2	7.998		28.380
Deflection	mm	0.342		7.500
Web Thickness	mm	4.751		4.388
Effective Span	m	1.500		
Stiffener Spacing	mm	1600.000		
Width of Attached Plate	mm	427.461		
Bending Moment	Nm	-3023.773		
Profile		Bularcama		
X-ply rule compliance		PASS		
Neutral Axis	mm	82.472		
Stiffness	N cm4/mm2	89128516.956		
Test At	mm	80.000		
Layup		Panel costado interior		
Height of Wet Deck	m	2.030		
Height of weather deck	m	4.700		
Height of Chine	m	1.362		
Height above Base	m	2.363		
Distance FWD of AP	m	2.857		
Design Pressure	kN/m2	14.460	14.460	
Vertical distance of underside of keel above baseline, zk	m	0.000		
Mean deadrise angle of bottom plating at location	deg	1.000		
Mean deadrise angle of side plating at local section	deg	82.000		

Ply Description	Actual Stress N/mm2	Allowable Stress N/mm2	Ultimate Stress N/mm2	Stress Fraction	C <> T
T 840	-9.967	-53.460	-162.000	0.062	
T 840	-9.909	-53.460	-162.000	0.061	
UD 800 Vidrio	-11.192	-70.828	-214.630	0.052	
Mat 600	-3.967	-40.244	-121.950	0.033	
UD 800 Vidrio	-10.984	-70.828	-214.630	0.051	
T 840	-9.572	-53.460	-162.000	0.059	
T 840	-9.514	-53.460	-162.000	0.059	
Mat 600	-3.846	-40.244	-121.950	0.032	
Mat 600	1.094	30.228	91.600	0.012	
T 840	2.821	75.900	230.000	0.012	
T 840	2.878	75.900	230.000	0.013	
T 840	2.934	75.900	230.000	0.013	
Mat 600	1.195	30.228	91.600	0.013	
PVC	0.017	0.825	2.500	0.007	
Mat 600	1.822	30.228	91.600	0.020	
T 840	4.643	75.900	230.000	0.020	
T 840	4.699	75.900	230.000	0.020	
T 840	4.756	75.900	230.000	0.021	
Mat 600	1.924	30.228	91.600	0.021	



Zona estructural: Costado exterior

Elemento estructural: Forro

Número de elemento: 11

Property	Units	Entered	Derived	Required
Base Width of Stiffener	mm	200.000		
Inner Skin Thickness	mm	5.687		
Outer Skin Thickness	mm	5.687		
Weight of inner skin	g/m2	3720.000		2328.725
Weight of outer skin	g/m2	3720.000		3089.125
Direct Core Shear Stress	N/mm2	0.470		0.517
Bending Moment	Nm	-14.205		
Poisson's Ratio		0.190		
Deflection	mm	10.446		13.000
Wrinkling Stress for inner skin	N/mm2	13.530		47.018
Wrinkling Stress for outer skin	N/mm2	9.803		47.018
X-ply rule compliance		PASS		
Thickness	mm	36.373		
Curvature	mm	5.000		
Panel Breadth	mm	1300.000		
Panel Length	mm	1440.000		
Panel Aspect Ratio		1.108		
Stiffener Spacing	mm	1500.000		
Neutral Axis	mm	18.434		
Stiffness	N cm4/mm2	33753.035		
Test At	mm	80.000		
Layup		Panel costado exterior		
Slamming Zone		No		
Height of weather deck	m	2.030		
Height of Chine	m	1.362		
Height above Base	m	1.666		
Distance FWD of AP	m	2.857		
Design Pressure	kN/m2	31.048	31.048	
Vertical distance of underside of keel above baseline, zk	m	0.000		
Mean deadrise angle of bottom plating at location	deg	1.000		
Mean deadrise angle of side plating at local section	deg	82.000		

Ply Description	Actual Stress N/mm2	Allowable Stress N/mm2	Ultimate Stress N/mm2	Stress Fraction	C <> T
Mat 600	-5.526	-36.585	-121.950	0.045	
T 840	-12.515	-48.600	-162.000	0.077	
T 840	-11.796	-48.600	-162.000	0.073	
T 840	-11.076	-48.600	-162.000	0.068	
Mat 600	-4.211	-36.585	-121.950	0.035	
PVC	-0.046	-0.420	-1.400	0.033	
PVC	0.051	0.750	2.500	0.020	
Mat 600	4.170	27.480	91.600	0.046	
T 840	11.132	69.000	230.000	0.048	
T 840	11.832	69.000	230.000	0.051	
T 840	12.532	69.000	230.000	0.054	
Mat 600	5.427	27.480	91.600	0.059	



Zona estructural: Costado exterior

Elemento estructural: Eslora

Número de elemento: 12

Property	Units	Entered	Derived	Required
Shear Stress	N/mm2	8.643		22.653
Deflection	mm	1.811		10.667
Web Thickness	mm	8.055		3.567
Effective Span	m	1.600		
Stiffener Spacing	mm	1010.000		
Width of Attached Plate	mm	347.461		
Bending Moment	Nm	-4810.192		
Profile		Eslora		
X-ply rule compliance		PASS		
Neutral Axis	mm	59.009		
Stiffness	N cm4/mm2	31530134.252		
Test At	mm	70.000		
Layup		Panel costado exterior		
Slamming Zone		No		
Height of weather deck	m	4.700		
Height of Chine	m	1.362		
Height above Base	m	1.666		
Distance FWD of AP	m	2.857		
Design Pressure	kN/m2	24.839	24.839	
Vertical distance of underside of keel above baseline, zk	m	0.000		
Mean deadrise angle of bottom plating at location	deg	1.000		
Mean deadrise angle of side plating at local section	deg	82.000		

Ply Description	Actual Stress N/mm2	Allowable Stress N/mm2	Ultimate Stress N/mm2	Stress Fraction	C <> T
T 840	-32.126	-48.600	-162.000	0.198	
T 840	-31.865	-48.600	-162.000	0.197	
Mat 600	-12.852	-36.585	-121.950	0.105	
UD 800 Vidrio	-35.464	-64.389	-214.630	0.165	
Mat 600	-12.519	-36.585	-121.950	0.103	
T 840	-30.394	-48.600	-162.000	0.188	
T 840	-30.133	-48.600	-162.000	0.186	
Mat 600	-12.148	-36.585	-121.950	0.100	
Mat 600	2.416	27.480	91.600	0.026	
T 840	6.422	69.000	230.000	0.028	
T 840	6.675	69.000	230.000	0.029	
T 840	6.929	69.000	230.000	0.030	
Mat 600	2.871	27.480	91.600	0.031	
PVC	0.041	0.750	2.500	0.016	
Mat 600	5.690	27.480	91.600	0.062	
T 840	14.614	69.000	230.000	0.064	
T 840	14.868	69.000	230.000	0.065	
T 840	15.122	69.000	230.000	0.066	
Mat 600	6.146	27.480	91.600	0.067	



Zona estructural: Costado exterior

Elemento estructural: Bulárcama

Número de elemento: 13

Property	Units	Entered	Derived	Required
Shear Stress	N/mm2	8.587		28.380
Deflection	mm	0.367		7.500
Web Thickness	mm	4.751		4.388
Effective Span	m	1.500		
Stiffener Spacing	mm	1600.000		
Width of Attached Plate	mm	427.461		
Bending Moment	Nm	-3246.414		
Profile		Bularcama		
X-ply rule compliance		PASS		
Neutral Axis	mm	82.472		
Stiffness	N cm4/mm2	89128516.956		
Test At	mm	80.000		
Layup		Panel costado exterior		
Height of weather deck	m	4.700		
Height of Chine	m	1.362		
Height above Base	m	1.666		
Distance FWD of AP	m	2.857		
Design Pressure	kN/m2	15.524	15.524	
Vertical distance of underside of keel above baseline, zk	m	0.000		
Mean deadrise angle of bottom plating at location	deg	1.000		
Mean deadrise angle of side plating at local section	deg	82.000		

Ply Description	Actual Stress N/mm2	Allowable Stress N/mm2	Ultimate Stress N/mm2	Stress Fraction	C <> T
T 840	-10.701	-53.460	-162.000	0.066	
T 840	-10.638	-53.460	-162.000	0.066	
UD 800 Vidrio	-12.016	-70.828	-214.630	0.056	
Mat 600	-4.259	-40.244	-121.950	0.035	
UD 800 Vidrio	-11.793	-70.828	-214.630	0.055	
T 840	-10.277	-53.460	-162.000	0.063	
T 840	-10.215	-53.460	-162.000	0.063	
Mat 600	-4.129	-40.244	-121.950	0.034	
Mat 600	1.175	30.228	91.600	0.013	
T 840	3.029	75.900	230.000	0.013	
T 840	3.089	75.900	230.000	0.013	
T 840	3.150	75.900	230.000	0.014	
Mat 600	1.283	30.228	91.600	0.014	
PVC	0.018	0.825	2.500	0.007	
Mat 600	1.956	30.228	91.600	0.021	
T 840	4.985	75.900	230.000	0.022	
T 840	5.045	75.900	230.000	0.022	
T 840	5.106	75.900	230.000	0.022	
Mat 600	2.065	30.228	91.600	0.023	



Zona estructural: Túnel

Elemento estructural: Forro

Número de elemento: 14

Property	Units	Entered	Derived	Required
Base Width of Stiffener	mm	200.000		
Inner Skin Thickness	mm	4.269		
Outer Skin Thickness	mm	5.687		
Weight of inner skin	g/m2	3120.000		2328.725
Weight of outer skin	g/m2	3720.000		3089.125
Direct Core Shear Stress	N/mm2	0.426		0.517
Bending Moment	Nm	-7.797		
Poisson's Ratio		0.190		
Deflection	mm	4.690		8.660
Wrinkling Stress for inner skin	N/mm2	11.666		54.034
Wrinkling Stress for outer skin	N/mm2	7.214		51.720
X-ply rule compliance		PASS		
Thickness	mm	44.955		
Curvature	mm	0.000		
Panel Breadth	mm	866.000		
Panel Length	mm	1571.000		
Panel Aspect Ratio		1.814		
Stiffener Spacing	mm	1066.000		
Neutral Axis	mm	21.803		
Stiffness	N cm4/mm2	53769.639		
Test At	mm	80.000		
Layup		Panel tunel		
Protected		Yes		
Height above Base	m	3.400		
Distance FWD of AP	m	30.250		
Design Pressure	kN/m2	41.779	41.779	
Vertical distance of underside of keel above baseline, zk	m	0.000		
Slamming Zone		Yes		

Ply Description	Actual Stress N/mm2	Allowable Stress N/mm2	Ultimate Stress N/mm2	Stress Fraction	C <> T
T 840	-6.043	-53.460	-162.000	0.037	
T 840	-5.795	-53.460	-162.000	0.036	
T 840	-5.547	-53.460	-162.000	0.034	
Mat 600	-2.155	-40.244	-121.950	0.018	
PVC	-0.025	-0.462	-1.400	0.018	
PVC	0.022	0.825	2.500	0.009	
Mat 600	1.779	30.228	91.600	0.019	
T 840	4.691	75.900	230.000	0.020	
T 840	4.932	75.900	230.000	0.021	
T 840	5.173	75.900	230.000	0.022	
Mat 600	2.212	30.228	91.600	0.024	



Zona estructural: Túnel

Elemento estructural: Eslora

Número de elemento: 15

Property	Units	Entered	Derived	Required
Shear Stress	N/mm2	16.129		21.331
Deflection	mm	1.829		12.568
Web Thickness	mm	8.507		3.452
Effective Span	m	1.571		
Stiffener Spacing	mm	1066.000		
Width of Attached Plate	mm	319.104		
Bending Moment	Nm	-8793.395		
Profile		Eslora carbon		
X-ply rule compliance		PASS		
Neutral Axis	mm	85.801		
Stiffness	N cm4/mm2	41197645.603		
Test At	mm	0.000		
Layup		Panel tunel		
Protected		Yes		
Height above Base	m	3.400		
Distance FWD of AP	m	30.250		
Design Pressure	kN/m2	33.423	33.423	
Vertical distance of underside of keel above baseline, zk	m	0.000		
Slamming Zone		Yes		

Ply Description	Actual Stress N/mm2	Allowable Stress N/mm2	Ultimate Stress N/mm2	Stress Fraction	C <> T
Mat 300	-11.703	-40.244	-121.950	0.096	
Mat 600	-11.592	-40.244	-121.950	0.095	
UD 600 Carbon	-103.596	-121.143	-367.100	0.282	
UD 600 Carbon	-102.307	-121.143	-367.100	0.279	
Mat 600	-11.088	-40.244	-121.950	0.091	
UD 600 Carbon	-99.000	-121.143	-367.100	0.270	
UD 600 Carbon	-97.712	-121.143	-367.100	0.266	
Mat 600	-10.584	-40.244	-121.950	0.087	
UD 600 Carbon	-94.404	-121.143	-367.100	0.257	
UD 600 Carbon	-93.116	-121.143	-367.100	0.254	
Mat 600	-10.079	-40.244	-121.950	0.083	
UD 600 Carbon	-89.809	-121.143	-367.100	0.245	
UD 600 Carbon	-88.520	-121.143	-367.100	0.241	
Mat 600	-9.575	-40.244	-121.950	0.079	
Mat 300	-9.353	-40.244	-121.950	0.077	
T 840	15.257	75.900	230.000	0.066	
T 840	15.612	75.900	230.000	0.068	
T 840	15.967	75.900	230.000	0.069	
Mat 600	6.524	30.228	91.600	0.071	
PVC	0.091	0.825	2.500	0.037	
Mat 600	11.961	30.228	91.600	0.131	
T 840	30.455	75.900	230.000	0.132	
T 840	30.810	75.900	230.000	0.134	
T 840	31.164	75.900	230.000	0.135	
Mat 600	12.599	30.228	91.600	0.138	



Zona estructural: Túnel

Elemento estructural: Bulárcama

Número de elemento: 16

Property	Units	Entered	Derived	Required
Shear Stress	N/mm2	7.671		28.380
Deflection	mm	0.141		7.107
Web Thickness	mm	4.751		4.388
Effective Span	m	1.066		
Stiffener Spacing	mm	1571.000		
Width of Attached Plate	mm	399.104		
Bending Moment	Nm	-1813.365		
Profile		Bularcama		
X-ply rule compliance		PASS		
Neutral Axis	mm	86.095		
Stiffness	N cm4/mm2	78336239.298		
Test At	mm	80.000		
Layup		Panel tunel		
Protected		Yes		
Height above Base	m	3.400		
Distance FWD of AP	m	30.250		
Design Pressure	kN/m2	20.889	20.889	
Vertical distance of underside of keel above baseline, zk	m	0.000		

Ply Description	Actual Stress N/mm2	Allowable Stress N/mm2	Ultimate Stress N/mm2	Stress Fraction	C <> T
T 840	-6.883	-53.460	-162.000	0.042	
T 840	-6.843	-53.460	-162.000	0.042	
UD 800 Vidrio	-7.730	-70.828	-214.630	0.036	
T 840	-6.738	-53.460	-162.000	0.042	
T 840	-6.698	-53.460	-162.000	0.041	
Mat 600	-2.708	-40.244	-121.950	0.022	
T 840	1.667	75.900	230.000	0.007	
T 840	1.705	75.900	230.000	0.007	
T 840	1.744	75.900	230.000	0.008	
Mat 600	0.712	30.228	91.600	0.008	
PVC	0.010	0.825	2.500	0.004	
Mat 600	1.302	30.228	91.600	0.014	
T 840	3.315	75.900	230.000	0.014	
T 840	3.353	75.900	230.000	0.015	
T 840	3.392	75.900	230.000	0.015	
Mat 600	1.371	30.228	91.600	0.015	



Zona estructural: Cubiertas

Elemento estructural: Forro Cbta. Principal intemperie

Número de elemento: 17

Property	Units	Entered	Derived	Required
Base Width of Stiffener	mm	100.000		
Inner Skin Thickness	mm	4.269		
Outer Skin Thickness	mm	4.269		
Weight of inner skin	g/m2	3120.000		1780.757
Weight of outer skin	g/m2	3120.000		2513.268
Direct Core Shear Stress	N/mm2	0.400		0.517
Bending Moment	Nm	-26.914		
Poisson's Ratio		0.190		
Deflection	mm	13.697		14.710
Wrinkling Stress for inner skin	N/mm2	22.074		49.122
Wrinkling Stress for outer skin	N/mm2	13.277		49.122
X-ply rule compliance		PASS		
Thickness	mm	33.537		
Curvature	mm	0.000		
Panel Breadth	mm	1471.000		
Panel Length	mm	4693.000		
Panel Aspect Ratio		3.190		
Stiffener Spacing	mm	1571.000		
Neutral Axis	mm	16.986		
Stiffness	N cm4/mm2	25046.277		
Test At	mm	0.000		
Layup		Panel exterior		
Vertical Acceleration	g	1.962		
Distance FWD of AP	m	32.000		
Pressure exerted by the cargo, WCDP	kN/m2	8.044		
Design Pressure	kN/m2	15.936	15.936	
Height above Base	m	3.700		

Ply Description	Actual Stress N/mm2	Allowable Stress N/mm2	Ultimate Stress N/mm2	Stress Fraction	C <> T
Mat 600	-13.020	-36.585	-121.950	0.107	
T 840	-29.273	-48.600	-162.000	0.181	
T 840	-27.435	-48.600	-162.000	0.169	
T 840	-25.597	-48.600	-162.000	0.158	
PVC	-0.119	-0.420	-1.400	0.085	
PVC	0.130	0.750	2.500	0.052	
T 840	25.702	69.000	230.000	0.112	
T 840	27.489	69.000	230.000	0.120	
T 840	29.276	69.000	230.000	0.127	
Mat 600	12.768	27.480	91.600	0.139	



Zona estructural: Cubiertas

Elemento estructural: Forro Cbta. Principal interior

Número de elemento: 18

Property	Units	Entered	Derived	Required
Base Width of Stiffener	mm	100.000		
Inner Skin Thickness	mm	3.318		
Outer Skin Thickness	mm	3.318		
Weight of inner skin	g/m2	2280.000		1650.000
Weight of outer skin	g/m2	2280.000		1650.000
Direct Core Shear Stress	N/mm2	0.248		0.517
Bending Moment	Nm	-16.060		
Poisson's Ratio		0.190		
Deflection	mm	9.988		14.700
Wrinkling Stress for inner skin	N/mm2	17.492		52.737
Wrinkling Stress for outer skin	N/mm2	10.522		52.737
X-ply rule compliance		PASS		
Thickness	mm	31.637		
Curvature	mm	0.000		
Panel Breadth	mm	1470.000		
Panel Length	mm	2816.000		
Panel Aspect Ratio		1.916		
Stiffener Spacing	mm	1570.000		
Neutral Axis	mm	16.033		
Stiffness	N cm4/mm2	16979.368		
Test At	mm	0.000		
Layup		Panel interior		
Vertical Acceleration	g	1.706		
Distance FWD of AP	m	28.700		
Pressure exerted by the cargo, WCDP	kN/m2	5.300		
Design Pressure	kN/m2	9.822	9.822	
Height above Base	m	3.700		

Ply Description	Actual Stress N/mm2	Allowable Stress N/mm2	Ultimate Stress N/mm2	Stress Fraction	C <> T
Mat 600	-10.803	-40.244	-121.950	0.089	
T 840	-24.152	-53.460	-162.000	0.149	
T 840	-22.534	-53.460	-162.000	0.139	
PVC	-0.105	-0.462	-1.400	0.075	
PVC	0.114	0.825	2.500	0.046	
T 840	22.619	75.900	230.000	0.098	
T 840	24.192	75.900	230.000	0.105	
Mat 600	10.608	30.228	91.600	0.116	



Zona estructural: Cubiertas

Elemento estructural: Forro Cbta. Superior

Número de elemento: 19

Property	Units	Entered	Derived	Required
Base Width of Stiffener	mm	150.000		
Inner Skin Thickness	mm	3.318		
Outer Skin Thickness	mm	3.318		
Weight of inner skin	g/m2	2280.000		1650.000
Weight of outer skin	g/m2	2280.000		1650.000
Direct Core Shear Stress	N/mm2	0.257		0.517
Bending Moment	Nm	-12.806		
Poisson's Ratio		0.190		
Deflection	mm	10.987		14.200
Wrinkling Stress for inner skin	N/mm2	17.025		52.737
Wrinkling Stress for outer skin	N/mm2	11.177		52.737
X-ply rule compliance		PASS		
Thickness	mm	26.637		
Curvature	mm	0.000		
Panel Breadth	mm	1420.000		
Panel Length	mm	2702.000		
Panel Aspect Ratio		1.903		
Stiffener Spacing	mm	1570.000		
Neutral Axis	mm	13.497		
Stiffness	N cm4/mm2	11399.723		
Test At	mm	0.000		
Layup		Panel interior		
Vertical Acceleration	g	1.488		
Distance FWD of AP	m	25.500		
Pressure exerted by the cargo, WCDP	kN/m2	5.000		
Design Pressure	kN/m2	8.719	8.719	
Height above Base	m	6.300		

Ply Description	Actual Stress N/mm2	Allowable Stress N/mm2	Ultimate Stress N/mm2	Stress Fraction	C <> T
Mat 600	-10.806	-40.244	-121.950	0.089	
T 840	-23.704	-53.460	-162.000	0.146	
T 840	-21.782	-53.460	-162.000	0.134	
PVC	-0.099	-0.462	-1.400	0.071	
PVC	0.109	0.825	2.500	0.043	
T 840	21.878	75.900	230.000	0.095	
T 840	23.746	75.900	230.000	0.103	
Mat 600	10.606	30.228	91.600	0.116	



Zona estructural: Cubiertas

Elemento estructural: Eslora Cbta. Principal

Número de elemento: 20

Property	Units	Entered	Derived	Required
Shear Stress	N/mm2	8.127		21.751
Deflection	mm	2.384		10.467
Web Thickness	mm	8.522		3.289
Effective Span	m	1.570		
Stiffener Spacing	mm	1997.000		
Width of Attached Plate	mm	232.736		
Bending Moment	Nm	-4863.230		
Profile		Eslora interior		
X-ply rule compliance		PASS		
Neutral Axis	mm	64.378		
Stiffness	N cm4/mm2	17459640.748		
Test At	mm	0.000		
Layup		Panel interior		
Vertical Acceleration	g	1.728		
Distance FWD of AP	m	29.000		
Pressure exerted by the cargo, WCDP	kN/m2	5.300		
Design Pressure	kN/m2	9.880	9.880	
Height above Base	m	3.700		

Ply Description	Actual Stress N/mm2	Allowable Stress N/mm2	Ultimate Stress N/mm2	Stress Fraction	C <> T
Mat 600	-18.451	-36.585	-121.950	0.151	
Mat 600	-18.162	-36.585	-121.950	0.149	
T 840	-43.949	-48.600	-162.000	0.271	
Mat 300	-17.679	-36.585	-121.950	0.145	
UD 800 Vidrio	-48.987	-64.389	-214.630	0.228	
UD 800 Vidrio	-48.092	-64.389	-214.630	0.224	
UD 800 Vidrio	-47.198	-64.389	-214.630	0.220	
Mat 300	-16.574	-36.585	-121.950	0.136	
T 840	-40.399	-48.600	-162.000	0.249	
T 840	-39.923	-48.600	-162.000	0.246	
Mat 600	-16.042	-36.585	-121.950	0.132	
Mat 600	6.379	27.480	91.600	0.070	
T 840	16.651	69.000	230.000	0.072	
T 840	17.114	69.000	230.000	0.074	
PVC	0.095	0.750	2.500	0.038	
T 840	29.763	69.000	230.000	0.129	
T 840	30.227	69.000	230.000	0.131	
Mat 600	12.267	27.480	91.600	0.134	



Zona estructural: Cubiertas

Elemento estructural: Eslora crujía Cbta. Superior

Número de elemento: 21

Property	Units	Entered	Derived	Required
Shear Stress	N/mm2	10.435		22.406
Deflection	mm	2.717		10.467
Web Thickness	mm	8.764		2.985
Effective Span	m	1.570		
Stiffener Spacing	mm	2702.000		
Width of Attached Plate	mm	222.736		
Bending Moment	Nm	-5807.010		
Profile		Eslora		
X-ply rule compliance		PASS		
Neutral Axis	mm	64.526		
Stiffness	N cm4/mm2	18294729.779		
Test At	mm	0.000		
Layup		Panel interior		
Vertical Acceleration	g	1.488		
Distance FWD of AP	m	25.500		
Pressure exerted by the cargo, WCDP	kN/m2	5.000		
Design Pressure	kN/m2	8.719	8.719	
Height above Base	m	6.300		

Ply Description	Actual Stress N/mm2	Allowable Stress N/mm2	Ultimate Stress N/mm2	Stress Fraction	C <> T
Mat 300	-18.657	-36.585	-121.950	0.153	
Mat 600	-18.492	-36.585	-121.950	0.152	
T 840	-44.662	-48.600	-162.000	0.276	
T 840	-44.120	-48.600	-162.000	0.272	
UD 800 Vidrio	-49.509	-64.389	-214.630	0.231	
UD 800 Vidrio	-48.490	-64.389	-214.630	0.226	
UD 800 Vidrio	-47.470	-64.389	-214.630	0.221	
Mat 600	-16.626	-36.585	-121.950	0.136	
UD 800 Vidrio	-45.530	-64.389	-214.630	0.212	
UD 800 Vidrio	-44.511	-64.389	-214.630	0.207	
UD 800 Vidrio	-43.492	-64.389	-214.630	0.203	
T 840	-37.383	-48.600	-162.000	0.231	
T 840	-36.840	-48.600	-162.000	0.227	
Mat 600	-14.761	-36.585	-121.950	0.121	
Mat 600	8.413	27.480	91.600	0.092	
T 840	21.834	69.000	230.000	0.095	
T 840	22.362	69.000	230.000	0.097	
PVC	0.124	0.750	2.500	0.050	
T 840	33.999	69.000	230.000	0.148	
T 840	34.527	69.000	230.000	0.150	
Mat 600	14.012	27.480	91.600	0.153	



Zona estructural: Cubiertas

Elemento estructural: Eslora (2,7 m) Cbta. Superior

Número de elemento: 22

Property	Units	Entered	Derived	Required
Shear Stress	N/mm2	16.771		23.522
Deflection	mm	3.094		10.467
Web Thickness	mm	10.905		2.842
Effective Span	m	1.570		
Stiffener Spacing	mm	5404.000		
Width of Attached Plate	mm	312.736		
Bending Moment	Nm	-11614.021		
Profile		Eslora (2.7 m)		
X-ply rule compliance		PASS		
Neutral Axis	mm	68.934		
Stiffness	N cm4/mm2	32122990.408		
Test At	mm	0.000		
Layup		Panel interior		
Vertical Acceleration	g	1.488		
Distance FWD of AP	m	25.500		
Pressure exerted by the cargo, WCDP	kN/m2	5.000		
Design Pressure	kN/m2	8.719	8.719	
Height above Base	m	6.300		

Ply Description	Actual Stress N/mm2	Allowable Stress N/mm2	Ultimate Stress N/mm2	Stress Fraction	C < > T
Mat 600	-20.008	-36.585	-121.950	0.164	
T 840	-48.276	-48.600	-162.000	0.298	
T 840	-47.658	-48.600	-162.000	0.294	
Mat 300	-19.129	-36.585	-121.950	0.157	
T 840	-46.578	-48.600	-162.000	0.288	
T 840	-45.960	-48.600	-162.000	0.284	
UD 800 Vidrio	-51.514	-64.389	-214.630	0.240	
UD 800 Vidrio	-50.353	-64.389	-214.630	0.235	
Mat 300	-17.607	-36.585	-121.950	0.144	
UD 800 Vidrio	-48.667	-64.389	-214.630	0.227	
UD 800 Vidrio	-47.506	-64.389	-214.630	0.221	
Mat 300	-16.589	-36.585	-121.950	0.136	
T 840	-40.330	-48.600	-162.000	0.249	
T 840	-39.712	-48.600	-162.000	0.245	
T 840	-39.093	-48.600	-162.000	0.241	
Mat 600	-15.647	-36.585	-121.950	0.128	
Mat 600	10.697	27.480	91.600	0.117	
T 840	27.659	69.000	230.000	0.120	
T 840	28.260	69.000	230.000	0.123	
PVC	0.157	0.750	2.500	0.063	
T 840	41.516	69.000	230.000	0.181	
T 840	42.117	69.000	230.000	0.183	
Mat 600	17.075	27.480	91.600	0.186	



Zona estructural: Cubiertas

Elemento estructural: Bao Cbta. Principal

Número de elemento: 23

Property	Units	Entered	Derived	Required
Shear Stress	N/mm2	10.984		21.848
Deflection	mm	3.931		14.080
Web Thickness	mm	5.445		4.762
Effective Span	m	2.816		
Stiffener Spacing	mm	1570.000		
Width of Attached Plate	mm	695.306		
Bending Moment	Nm	-10352.472		
Profile		Bao		
X-ply rule compliance		PASS		
Neutral Axis	mm	68.613		
Stiffness	N cm4/mm2	65268207.699		
Test At	mm	0.000		
Layup		Panel interior		
Vertical Acceleration	g	1.765		
Distance FWD of AP	m	29.500		
Pressure exerted by the cargo, WCDP	kN/m2	5.300		
Design Pressure	kN/m2	9.978	9.978	
Height above Base	m	3.700		

Ply Description	Actual Stress N/mm2	Allowable Stress N/mm2	Ultimate Stress N/mm2	Stress Fraction	C < > T
Mat 300	-17.785	-36.585	-121.950	0.146	
Mat 600	-17.703	-36.585	-121.950	0.145	
T 840	-43.127	-48.600	-162.000	0.266	
UD 800 Vidrio	-48.690	-64.389	-214.630	0.227	
UD 800 Vidrio	-48.180	-64.389	-214.630	0.224	
UD 800 Vidrio	-47.671	-64.389	-214.630	0.222	
T 840	-41.510	-48.600	-162.000	0.256	
Mat 600	-16.771	-36.585	-121.950	0.138	
Mat 600	4.102	27.480	91.600	0.045	
T 840	10.657	69.000	230.000	0.046	
T 840	10.921	69.000	230.000	0.047	
PVC	0.061	0.750	2.500	0.024	
T 840	18.124	69.000	230.000	0.079	
T 840	18.388	69.000	230.000	0.080	
Mat 600	7.455	27.480	91.600	0.081	



Zona estructural: Cubiertas

Elemento estructural: Bao Cbta. Superior

Número de elemento: 24

Property	Units	Entered	Derived	Required
Shear Stress	N/mm2	8.753		21.362
Deflection	mm	4.533		13.510
Web Thickness	mm	6.863		4.219
Effective Span	m	2.702		
Stiffener Spacing	mm	1571.000		
Width of Attached Plate	mm	676.556		
Bending Moment	Nm	-8333.618		
Profile		Bao		
X-ply rule compliance		PASS		
Neutral Axis	mm	54.640		
Stiffness	N cm4/mm2	41940333.728		
Test At	mm	0.000		
Layup		Panel interior		
Vertical Acceleration	g	1.488		
Distance FWD of AP	m	25.500		
Pressure exerted by the cargo, WCDP	kN/m2	5.000		
Design Pressure	kN/m2	8.719	8.719	
Height above Base	m	6.300		

Ply Description	Actual Stress N/mm2	Allowable Stress N/mm2	Ultimate Stress N/mm2	Stress Fraction	C <> T
Mat 300	-19.428	-36.585	-121.950	0.159	
Mat 600	-19.325	-36.585	-121.950	0.158	
T 840	-47.013	-48.600	-162.000	0.290	
Mat 300	-18.980	-36.585	-121.950	0.156	
UD 800 Vidrio	-52.739	-64.389	-214.630	0.246	
UD 800 Vidrio	-52.101	-64.389	-214.630	0.243	
UD 800 Vidrio	-51.463	-64.389	-214.630	0.240	
Mat 300	-18.192	-36.585	-121.950	0.149	
T 840	-44.481	-48.600	-162.000	0.275	
Mat 600	-17.951	-36.585	-121.950	0.147	
Mat 600	3.892	27.480	91.600	0.042	
T 840	10.231	69.000	230.000	0.044	
T 840	10.561	69.000	230.000	0.046	
PVC	0.059	0.750	2.500	0.024	
T 840	17.846	69.000	230.000	0.078	
T 840	18.176	69.000	230.000	0.079	
Mat 600	7.397	27.480	91.600	0.081	



Zona estructural: Superestructura

Elemento estructural: Forro costado

Número de elemento: 25

Property	Units	Entered	Derived	Required
Distance FWD of AP	m	24.125		
Location		Side		
Is location on 1st Tier?		1		
Design Pressure	kN/m2	6.088	6.088	
Base Width of Stiffener	mm	150.000		
Inner Skin Thickness	mm	3.318		
Outer Skin Thickness	mm	3.318		
Weight of inner skin	g/m2	2280.000		1650.000
Weight of outer skin	g/m2	2280.000		1650.000
Direct Core Shear Stress	N/mm2	0.307		0.517
Bending Moment	Nm	-8.716		
Poisson's Ratio		0.000		
Deflection	mm	21.015		28.400
Wrinkling Stress for inner skin	N/mm2	20.734		47.943
Wrinkling Stress for outer skin	N/mm2	13.612		47.943
X-ply rule compliance		PASS		
Thickness	mm	16.637		
Curvature	mm	0.190		
Panel Breadth	mm	1420.000		
Panel Length	mm	2600.000		
Panel Aspect Ratio		1.831		
Stiffener Spacing	mm	1570.000		
Neutral Axis	mm	8.421		
Stiffness	N cm4/mm2	3594.512		
Test At	mm	0.000		
Layup		Panel costado superestructura		

Ply Description	Actual Stress N/mm2	Allowable Stress N/mm2	Ultimate Stress N/mm2	Stress Fraction	C < > T
Mat 600	-14.582	-36.585	-121.950	0.120	
T 840	-29.670	-48.600	-162.000	0.183	
T 840	-25.523	-48.600	-162.000	0.158	
PVC	-0.107	-0.420	-1.400	0.076	
PVC	0.118	0.750	2.500	0.047	
T 840	25.684	69.000	230.000	0.112	
T 840	29.717	69.000	230.000	0.129	
Mat 600	14.283	27.480	91.600	0.156	



Zona estructural: Superestructura

Elemento estructural: Forro techo

Número de elemento: 26

Property	Units	Entered	Derived	Required
Distance FWD of AP	m	18.000		
Location		House Top		
Is location on 1st Tier?		0		
Design Pressure	kN/m2	3.805	3.805	
Base Width of Stiffener	mm	150.000		
Inner Skin Thickness	mm	3.318		
Outer Skin Thickness	mm	3.318		
Weight of inner skin	g/m2	2280.000		1650.000
Weight of outer skin	g/m2	2280.000		1650.000
Direct Core Shear Stress	N/mm2	0.131		0.517
Bending Moment	Nm	-2.802		
Poisson's Ratio		0.190		
Deflection	mm	5.087		22.940
Wrinkling Stress for inner skin	N/mm2	6.665		63.924
Wrinkling Stress for outer skin	N/mm2	4.615		63.924
X-ply rule compliance		PASS		
Thickness	mm	16.637		
Curvature	mm	0.000		
Panel Breadth	mm	1147.000		
Panel Length	mm	1570.000		
Panel Aspect Ratio		1.369		
Stiffener Spacing	mm	1297.000		
Neutral Axis	mm	8.421		
Stiffness	N cm4/mm2	3594.512		
Test At	mm	0.000		
Layup		Panel techo		

Ply Description	Actual Stress N/mm2	Allowable Stress N/mm2	Ultimate Stress N/mm2	Stress Fraction	C < > T
Mat 600	-4.688	-48.780	-121.950	0.038	
T 840	-9.538	-64.800	-162.000	0.059	
T 840	-8.205	-64.800	-162.000	0.051	
PVC	-0.034	-0.560	-1.400	0.025	
PVC	0.038	1.000	2.500	0.015	
T 840	8.257	92.000	230.000	0.036	
T 840	9.553	92.000	230.000	0.042	
Mat 600	4.592	36.640	91.600	0.050	



Zona estructural: Superestructura

Elemento estructural: Eslora costado

Número de elemento: 27

Property	Units	Entered	Derived	Required
Shear Stress	N/mm2	6.339		24.413
Deflection	mm	3.006		15.700
Web Thickness	mm	4.736		2.595
Effective Span	m	1.570		
Stiffener Spacing	mm	1295.000		
Width of Attached Plate	mm	212.736		
Bending Moment	Nm	-1554.709		
Profile		Eslora superestructura		
X-ply rule compliance		PASS		
Neutral Axis	mm	33.484		
Stiffness	N cm4/mm2	4426254.101		
Test At	mm	0.000		
Layup		Panel costado superestructura		
Distance FWD of AP	m	24.800		
Location		Side		
Is location on 1st Tier?		1		
Design Pressure	kN/m2	4.871	4.871	

Ply Description	Actual Stress N/mm2	Allowable Stress N/mm2	Ultimate Stress N/mm2	Stress Fraction	C < > T
Mat 600	-18.263	-40.244	-121.950	0.150	
T 840	-44.012	-53.460	-162.000	0.272	
UD 800 Vidrio	-49.321	-70.828	-214.630	0.230	
UD 800 Vidrio	-48.193	-70.828	-214.630	0.225	
T 840	-41.425	-53.460	-162.000	0.256	
Mat 600	-16.602	-40.244	-121.950	0.136	
Mat 600	4.139	30.228	91.600	0.045	
T 840	11.227	75.900	230.000	0.049	
T 840	11.812	75.900	230.000	0.051	
PVC	0.067	0.825	2.500	0.027	
T 840	18.542	75.900	230.000	0.081	
T 840	19.127	75.900	230.000	0.083	
Mat 600	7.879	30.228	91.600	0.086	



Zona estructural: Superestructura

Elemento estructural: Eslora crujía techo

Número de elemento: 28

Property	Units	Entered	Derived	Required
<i>Shear Stress</i>	N/mm2	3.968		29.592
<i>Deflection</i>	mm	1.870		15.700
<i>Web Thickness</i>	mm	4.736		2.595
<i>Effective Span</i>	m	1.570		
<i>Stiffener Spacing</i>	mm	1297.000		
<i>Width of Attached Plate</i>	mm	212.736		
<i>Bending Moment</i>	Nm	-973.194		
<i>Profile</i>		Eslora		
<i>X-ply rule compliance</i>		PASS		
<i>Neutral Axis</i>	mm	32.949		
<i>Stiffness</i>	N cm4/mm2	4454006.261		
<i>Test At</i>	mm	0.000		
<i>Layup</i>		Panel techo		
<i>Distance FWD of AP</i>	m	25.500		
<i>Location</i>		House Top		
<i>Is location on 1st Tier?</i>		0		
<i>Design Pressure</i>	kN/m2	3.044	3.044	

Ply Description	Actual Stress N/mm2	Allowable Stress N/mm2	Ultimate Stress N/mm2	Stress Fraction	C <> T
Mat 600	-11.446	-48.780	-121.950	0.094	
T 840	-27.589	-64.800	-162.000	0.170	
UD 800 Vidrio	-30.920	-85.852	-214.630	0.144	
UD 800 Vidrio	-30.218	-85.852	-214.630	0.141	
T 840	-25.980	-64.800	-162.000	0.160	
Mat 600	-10.413	-48.780	-121.950	0.085	
Mat 600	2.493	36.640	91.600	0.027	
T 840	6.779	92.000	230.000	0.029	
T 840	7.143	92.000	230.000	0.031	
PVC	0.041	1.000	2.500	0.016	
T 840	11.330	92.000	230.000	0.049	
T 840	11.693	92.000	230.000	0.051	
Mat 600	4.819	36.640	91.600	0.053	



Zona estructural: Superestructura

Elemento estructural: Eslora (2,7 m) techo

Número de elemento: 29

Property	Units	Entered	Derived	Required
Shear Stress	N/mm2	16.736		29.592
Deflection	mm	4.413		15.700
Web Thickness	mm	4.736		2.595
Effective Span	m	1.570		
Stiffener Spacing	mm	5400.000		
Width of Attached Plate	mm	312.736		
Bending Moment	Nm	-4051.847		
Profile		Eslora (2.7 m)		
X-ply rule compliance		PASS		
Neutral Axis	mm	37.289		
Stiffness	N cm4/mm2	7859076.255		
Test At	mm	0.000		
Layup		Panel techo		
Distance FWD of AP	m	25.500		
Location		House Top		
Is location on 1st Tier?		0		
Design Pressure	kN/m2	3.044	3.044	

Ply Description	Actual Stress N/mm2	Allowable Stress N/mm2	Ultimate Stress N/mm2	Stress Fraction	C <> T
Mat 600	-24.777	-48.780	-121.950	0.203	
T 840	-59.612	-64.800	-162.000	0.368	
UD 800 Vidrio	-66.726	-85.852	-214.630	0.311	
T 840	-57.273	-64.800	-162.000	0.354	
Mat 600	-22.932	-48.780	-121.950	0.188	
Mat 600	7.448	36.640	91.600	0.081	
T 840	19.913	92.000	230.000	0.087	
T 840	20.770	92.000	230.000	0.090	
PVC	0.117	1.000	2.500	0.047	
T 840	30.650	92.000	230.000	0.133	
T 840	31.507	92.000	230.000	0.137	
Mat 600	12.936	36.640	91.600	0.141	



Zona estructural: Superestructura

Elemento estructural: Cuaderna

Número de elemento: 30

Property	Units	Entered	Derived	Required
Shear Stress	N/mm2	5.083		26.113
Deflection	mm	2.266		17.333
Web Thickness	mm	4.268		3.598
Effective Span	m	2.600		
Stiffener Spacing	mm	1570.000		
Width of Attached Plate	mm	659.280		
Bending Moment	Nm	-2692.310		
Profile		Cuaderna superestructura		
X-ply rule compliance		PASS		
Neutral Axis	mm	38.336		
Stiffness	N cm4/mm2	25103041.714		
Test At	mm	0.000		
Layup		Panel costado superestructura		
Distance FWD of AP	m	24.800		
Location		Side		
Is location on 1st Tier?		1		
Design Pressure	kN/m2	3.044	3.044	

Ply Description	Actual Stress N/mm2	Allowable Stress N/mm2	Ultimate Stress N/mm2	Stress Fraction	C < > T
Mat 600	-9.869	-40.244	-121.950	0.081	
T 840	-23.995	-53.460	-162.000	0.148	
UD 800 Vidrio	-27.053	-70.828	-214.630	0.126	
UD 800 Vidrio	-26.708	-70.828	-214.630	0.124	
T 840	-23.205	-53.460	-162.000	0.143	
Mat 600	-9.362	-40.244	-121.950	0.077	
Mat 600	1.628	30.228	91.600	0.018	
T 840	4.339	75.900	230.000	0.019	
T 840	4.517	75.900	230.000	0.020	
PVC	0.025	0.825	2.500	0.010	
T 840	6.572	75.900	230.000	0.029	
T 840	6.751	75.900	230.000	0.029	
Mat 600	2.770	30.228	91.600	0.030	



Zona estructural: Superestructura

Elemento estructural: Bao techo

Número de elemento: 31

Property	Units	Entered	Derived	Required
<i>Shear Stress</i>	N/mm2	1.653		29.592
<i>Deflection</i>	mm	0.177		12.970
<i>Web Thickness</i>	mm	4.736		3.432
<i>Effective Span</i>	m	1.297		
<i>Stiffener Spacing</i>	mm	1570.000		
<i>Width of Attached Plate</i>	mm	414.681		
<i>Bending Moment</i>	Nm	-418.734		
<i>Profile</i>		Bao		
<i>X-ply rule compliance</i>		PASS		
<i>Neutral Axis</i>	mm	35.791		
<i>Stiffness</i>	N cm4/mm2	12468483.068		
<i>Test At</i>	mm	0.000		
<i>Layup</i>		Panel techo		
<i>Distance FWD of AP</i>	m	25.500		
<i>Location</i>		House Top		
<i>Is location on 1st Tier?</i>		0		
<i>Design Pressure</i>	kN/m2	1.903	1.903	

Ply Description	Actual Stress N/mm2	Allowable Stress N/mm2	Ultimate Stress N/mm2	Stress Fraction	C <> T
Mat 600	-2.634	-48.780	-121.950	0.022	
T 840	-6.392	-64.800	-162.000	0.039	
UD 800 Vidrio	-7.197	-85.852	-214.630	0.034	
T 840	-6.239	-64.800	-162.000	0.039	
Mat 600	-2.514	-48.780	-121.950	0.021	
Mat 600	0.450	36.640	91.600	0.005	
T 840	1.209	92.000	230.000	0.005	
T 840	1.265	92.000	230.000	0.005	
PVC	0.007	1.000	2.500	0.003	
T 840	1.908	92.000	230.000	0.008	
T 840	1.964	92.000	230.000	0.009	
Mat 600	0.807	36.640	91.600	0.009	



Zona estructural: Superestructura

Elemento estructural: Puntal

Número de elemento: 32

Property	Units	Entered	Required
<i>Outer Diameter</i>	mm	80.000	
<i>Cross-sectional Area</i>	cm ²	18.096	16.878
<i>Thickness</i>	mm	8.000	5.209
<i>Radius of Gyration</i>	cm	2.561	2.027
<i>Effective Span</i>	m	2.230	
<i>Location</i>		Passenger Deck	
<i>End Fixity</i>		Full	
<i>Deck Girder Design Pressure</i>	kN/m ²	8.000	
<i>Load from Pillar Above</i>	kN	5.000	
<i>Girder Spacing</i>	m	3.780	
<i>Dist. between Adjacent Spans</i>	m	2.700	
<i>Design Load</i>	kN	86.648	
<i>Alloy</i>		Aluminium	



Zona estructural: Mamparos

Elemento estructural: Forro transversal

Número de elemento: 33

Property	Units	Entered	Derived	Required
Base Width of Stiffener	mm	120.000		
Inner Skin Thickness	mm	3.318		
Outer Skin Thickness	mm	3.318		
Weight of inner skin	g/m2	2280.000		1650.000
Weight of outer skin	g/m2	2280.000		1650.000
Direct Core Shear Stress	N/mm2	0.449		0.517
Bending Moment	Nm	-14.523		
Poisson's Ratio		0.190		
Deflection	mm	8.609		19.600
Wrinkling Stress for inner skin	N/mm2	19.308		52.737
Wrinkling Stress for outer skin	N/mm2	13.141		52.737
X-ply rule compliance		PASS		
Thickness	mm	26.637		
Curvature	mm	0.000		
Panel Breadth	mm	980.000		
Panel Length	mm	1353.000		
Panel Aspect Ratio		1.381		
Stiffener Spacing	mm	1100.000		
Neutral Axis	mm	13.497		
Stiffness	N cm4/mm2	11399.723		
Test At	mm	0.000		
Layup		Panel mamparo		
Load Head	m	3.700		
Height above Base	m	0.000		
Distance FWD of AP	m	16.900		
Design Pressure	kN/m2	26.640	26.640	

Ply Description	Actual Stress N/mm2	Allowable Stress N/mm2	Ultimate Stress N/mm2	Stress Fraction	C <> T
Mat 600	-12.254	-40.244	-121.950	0.100	
T 840	-26.882	-53.460	-162.000	0.166	
T 840	-24.703	-53.460	-162.000	0.152	
PVC	-0.113	-0.462	-1.400	0.080	
PVC	0.123	0.825	2.500	0.049	
T 840	24.811	75.900	230.000	0.108	
T 840	26.930	75.900	230.000	0.117	
Mat 600	12.028	30.228	91.600	0.131	



Zona estructural: Mamparos

Elemento estructural: Forro longitudinal

Número de elemento: 34

Property	Units	Entered	Derived	Required
Base Width of Stiffener	mm	200.000		
Inner Skin Thickness	mm	3.318		
Outer Skin Thickness	mm	3.318		
Weight of inner skin	g/m2	2280.000		1650.000
Weight of outer skin	g/m2	2280.000		1650.000
Direct Core Shear Stress	N/mm2	0.106		0.517
Bending Moment	Nm	-6.729		
Poisson's Ratio		0.190		
Deflection	mm	2.537		27.400
Wrinkling Stress for inner skin	N/mm2	5.383		52.737
Wrinkling Stress for outer skin	N/mm2	3.842		52.737
X-ply rule compliance		PASS		
Thickness	mm	41.637		
Curvature	mm	0.000		
Panel Breadth	mm	1370.000		
Panel Length	mm	1379.000		
Panel Aspect Ratio		1.007		
Stiffener Spacing	mm	1570.000		
Neutral Axis	mm	21.104		
Stiffness	N cm4/mm2	31521.695		
Test At	mm	0.000		
Layup		Panel mamparo		
Load Head	m	1.210		
Height above Base	m	2.490		
Distance FWD of AP	m	16.000		
Design Pressure	kN/m2	8.712	8.712	

Ply Description	Actual Stress N/mm2	Allowable Stress N/mm2	Ultimate Stress N/mm2	Stress Fraction	C <> T
Mat 600	-3.208	-40.244	-121.950	0.026	
T 840	-7.344	-53.460	-162.000	0.045	
T 840	-6.979	-53.460	-162.000	0.043	
PVC	-0.033	-0.462	-1.400	0.024	
PVC	0.036	0.825	2.500	0.014	
T 840	6.999	75.900	230.000	0.030	
T 840	7.354	75.900	230.000	0.032	
Mat 600	3.151	30.228	91.600	0.034	



Zona estructural: Mamparos

Elemento estructural: Forro colisión

Número de elemento: 35

Property	Units	Entered	Derived	Required
Base Width of Stiffener	mm	120.000		
Inner Skin Thickness	mm	3.318		
Outer Skin Thickness	mm	3.318		
Weight of inner skin	g/m2	2280.000		1650.000
Weight of outer skin	g/m2	2280.000		1650.000
Direct Core Shear Stress	N/mm2	0.399		0.517
Bending Moment	Nm	-11.357		
Poisson's Ratio		0.190		
Deflection	mm	6.159		8.740
Wrinkling Stress for inner skin	N/mm2	15.098		41.550
Wrinkling Stress for outer skin	N/mm2	10.592		41.550
X-ply rule compliance		PASS		
Thickness	mm	26.637		
Curvature	mm	0.000		
Panel Breadth	mm	874.000		
Panel Length	mm	1200.000		
Panel Aspect Ratio		1.373		
Stiffener Spacing	mm	994.000		
Neutral Axis	mm	13.497		
Stiffness	N cm4/mm2	11399.723		
Test At	mm	0.000		
Layup		Panel mamparo		
Load Head	m	3.700		
Height above Base	m	0.000		
Distance FWD of AP	m	29.500		
Design Pressure	kN/m2	26.640	26.640	

Ply Description	Actual Stress N/mm2	Allowable Stress N/mm2	Ultimate Stress N/mm2	Stress Fraction	C <> T
Mat 600	-9.583	-31.707	-121.950	0.079	
T 840	-21.021	-42.120	-162.000	0.130	
T 840	-19.317	-42.120	-162.000	0.119	
PVC	-0.088	-0.364	-1.400	0.063	
PVC	0.096	0.650	2.500	0.039	
T 840	19.402	59.800	230.000	0.084	
T 840	21.059	59.800	230.000	0.092	
Mat 600	9.406	23.816	91.600	0.103	



Zona estructural: Mamparos

Elemento estructural: Refuerzo transversal

Número de elemento: 36

Property	Units	Entered	Derived	Required
Shear Stress	N/mm2	17.181		30.454
Deflection	mm	1.117		8.167
Web Thickness	mm	5.687		3.334
Effective Span	m	1.225		
Stiffener Spacing	mm	1442.000		
Width of Attached Plate	mm	388.032		
Bending Moment	Nm	-4803.861		
Profile		Refuerzo		
X-ply rule compliance		PASS		
Neutral Axis	mm	53.714		
Stiffness	N cm4/mm2	20167739.859		
Test At	mm	0.000		
Layup		Panel mamparo		
Load Head	m	3.700		
Height above Base	m	0.000		
Distance FWD of AP	m	16.900		
Design Pressure	kN/m2	26.640	26.640	
Load Model		A		

Ply Description	Actual Stress N/mm2	Allowable Stress N/mm2	Ultimate Stress N/mm2	Stress Fraction	C <> T
Mat 600	-17.467	-48.780	-121.950	0.143	
T 840	-42.344	-64.800	-162.000	0.261	
T 840	-41.937	-64.800	-162.000	0.259	
UD 800 Vidrio	-47.183	-85.852	-214.630	0.220	
T 840	-40.856	-64.800	-162.000	0.252	
Mat 600	-16.449	-48.780	-121.950	0.135	
Mat 600	4.511	36.640	91.600	0.049	
T 840	11.878	92.000	230.000	0.052	
T 840	12.274	92.000	230.000	0.053	
PVC	0.069	1.000	2.500	0.028	
T 840	21.007	92.000	230.000	0.091	
T 840	21.403	92.000	230.000	0.093	
Mat 600	8.713	36.640	91.600	0.095	



Zona estructural: Mamparos

Elemento estructural: Refuerzo colisión

Número de elemento: 37

Property	Units	Entered	Derived	Required
Shear Stress	N/mm2	11.601		24.364
Deflection	mm	0.428		6.627
Web Thickness	mm	5.687		3.334
Effective Span	m	0.994		
Stiffener Spacing	mm	1200.000		
Width of Attached Plate	mm	317.521		
Bending Moment	Nm	-2632.128		
Profile		Refuerzo		
X-ply rule compliance		PASS		
Neutral Axis	mm	57.678		
Stiffness	N cm4/mm2	18973570.056		
Test At	mm	0.000		
Layup		Panel mamparo		
Load Head	m	3.700		
Height above Base	m	0.000		
Distance FWD of AP	m	29.500		
Design Pressure	kN/m2	26.640	26.640	
Load Model		A		

Ply Description	Actual Stress N/mm2	Allowable Stress N/mm2	Ultimate Stress N/mm2	Stress Fraction	C < > T
Mat 600	-9.770	-39.024	-121.950	0.080	
T 840	-23.672	-51.840	-162.000	0.146	
T 840	-23.434	-51.840	-162.000	0.145	
UD 800 Vidrio	-26.355	-68.682	-214.630	0.123	
T 840	-22.805	-51.840	-162.000	0.141	
Mat 600	-9.178	-39.024	-121.950	0.075	
Mat 600	3.012	29.312	91.600	0.033	
T 840	7.880	73.600	230.000	0.034	
T 840	8.111	73.600	230.000	0.035	
PVC	0.045	0.800	2.500	0.018	
T 840	13.197	73.600	230.000	0.057	
T 840	13.428	73.600	230.000	0.058	
Mat 600	5.459	29.312	91.600	0.060	



ANEXO 5

Características mecánicas de los elementos estructurales de la resistencia transversal



Espejo de popa

	Cant	ℓ ó H (mm)	e (mm)	E (N/mm²)	Pryc. eje perpend. (mm)	Dist.Pto. inf. a LB (mm)	(todos los cálculos en mm)								
							Si (mm²)	S _{Qi} (mm²)	EiSi (N/mm²×mm²)	EiSizi (N/mm²×mm³)	I _{pp} (mm⁴)	I _{xx} (mm⁴)	EiI _{xx} (N/mm²×mm⁴)	d alto (mm)	d bajo (mm)
Panel asociado de cbta	1	160	31,7	2769	0	16	5072		1,404E+07	2,226E+08	4,247E+05	1,699E+06	4,704E+09	31,7	0,0
Panel vertical de costado	1	2100	35,1	3740	2100	-1100	73605		2,753E+08	-1,377E+10	2,705E+10	2,723E+10	1,019E+14	1000,0	-1100,0
Tapa de regala	1	150	12,0	15600	0	994	1800	1800	2,808E+07	2,791E+10	2,160E+04	1,778E+09	2,774E+13	1000,0	988,0
Panel asociado fondo túnel	1	200	45,1	17026	0	-1077	9010		1,534E+08	-1,653E+11	1,524E+06	1,046E+10	1,781E+14	-1055,0	-1100,0
							0		0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	0,0	0,0
							89487	1800	4,708E+08	-1,509E+11		3,948E+10	3,077E+14	1000,0	-1100,0
Eje neutro =		-321 mm													
Area sección (a cortante) =		1800 mm²													
Elo =		2,594E+14 N/mm² × mm⁴													
ES =		4,708E+08 N/mm² × mm²													
E _{equiv} =		5261 N/mm² (536,3 kg/mm²)													
I (aprox.) =		4,929E+10 mm⁴ (4929377,9 cm⁴)													
W (aprox.) =		37328624 mm³ (37328,6 cm³)													
σ _{u flx} (con poliéster) =		89,4 N/mm² (9,1 kg/mm²)													
σ _{u trcc} (con poliéster) =		53,7 N/mm² (5,5 kg/mm², aprox.)													
τ _u (con poliéster) =		5,3 N/mm² (0,5 kg/mm²)													
Momento Resist. =		3338821 Nxm (340349 kgxm)													

1320,5 mm

1320,5 mm



Viga transversal tipo en popa

	Cant	ℓ ó H (mm)	e (mm)	E (N/mm²)	Pryc. eje perpend. (mm)	Dist.Pto. inf. a LB (mm)	(todos los cálculos en mm)									
							Si (mm²)	S _{Qi} (mm²)	EiSi (N/mm²×mm²)	EiSizi (N/mm²×mm³)	I _{pp} (mm⁴)	I _{xx} (mm⁴)	Eilxx (N/mm²×mm⁴)	d alto (mm)	d bajo (mm)	
Panel asociado de cbta	1	320	31,7	2769		0	16	10144		2,808E+07	4,451E+08	8,495E+05	3,398E+06	9,407E+09	31,7	0,0
Faldas de bao fuerte	2	180	5,3	11374	180	-180		1904		2,166E+07	-1,949E+09	5,142E+06	2,057E+07	2,339E+11	0,0	-180,0
Corona de bao fuerte	1	100	8,0	16869		0	-184	796		1,343E+07	-2,470E+09	4,203E+03	2,695E+07	4,546E+11	-180,0	-188,0
Mamparo (alma viga)	1	628	26,7	3279	628	-816		16768	16768	5,498E+07	-2,760E+10	5,511E+08	4,776E+09	1,566E+13	-188,0	-816,0
Corona de bulárcama	1	120	6,8	16691		0	-819	810		1,352E+07	-1,108E+10	3,075E+03	5,438E+08	9,076E+12	-816,0	-822,7
Faldas de bulárcama	2	200	5,4	13950	200	-1019		2164	2164	3,019E+07	-2,775E+10	7,213E+06	1,836E+09	2,561E+13	-819,3	-1019,3
Panel asociado fondo túnel	1	400	45,1	17026		0	-1042	18020		3,068E+08	-3,196E+11	3,048E+06	1,956E+10	3,331E+14	-1019,3	-1064,4
								0		0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	0,0	0,0
								50606	20836	4,687E+08	-3,900E+11		2,677E+10	3,841E+14	31,7	-1064,4

Eje neutro =	-832 mm
Area sección (a cortante) =	20836 mm ²
Elo =	5,951E+13 N/mm ² × mm ⁴
ES =	4,687E+08 N/mm ² × mm ²
E _{equiv} =	9261 N/mm ² (944,0 kg/mm ²)
I (aprox.) =	6,425E+09 mm ⁴ (642546,2 cm ⁴)
W (aprox.) =	7437243 mm ³ (7437,2 cm ³)
σ _{u fix} (con poliéster) =	157,4 N/mm ² (16,0 kg/mm ²)
σ _{u trcc} (con poliéster) =	94,5 N/mm ² (9,6 kg/mm ² , aprox.)
τ _u (con poliéster) =	72,7 N/mm ² (7,4 kg/mm ²)
Momento Resist. =	1170896 N×m (119357 kg×m)

864,0 mm



Viga transversal en secc. 7¼

	Cant	ℓ ó H (mm)	e (mm)	E (N/mm²)	Pryc. eje perpend. (mm)	Dist.Pto. inf. a LB (mm)	(todos los cálculos en mm)									
							Si (mm²)	S _Q i (mm²)	EiSi (N/mm²×mm²)	EiSiZi (N/mm²×mm³)	I _{pp} (mm⁴)	I _{xx} (mm⁴)	EiI _{xx} (N/mm²×mm⁴)	d alto (mm)	d bajo (mm)	
Panel asociado de cbta	1	320	31,7	2769		0	16	10144		2,808E+07	4,451E+08	8,495E+05	3,398E+06	9,407E+09	31,7	0,0
Faldas de bao fuerte	2	180	5,3	11374	180	-180		1904		2,166E+07	-1,949E+09	5,142E+06	2,057E+07	2,339E+11	0,0	-180,0
Corona de bao fuerte	1	100	8,0	16869		0	-184	796		1,343E+07	-2,470E+09	4,203E+03	2,695E+07	4,546E+11	-180,0	-188,0
Mamparo (alma viga)	1	360	26,7	3279	360	-548		9612	9612	3,152E+07	-1,160E+10	1,038E+08	1,405E+09	4,607E+12	-188,0	-548,0
Corona de bulárcama	1	120	6,8	16691		0	-551	810		1,352E+07	-7,454E+09	3,075E+03	2,462E+08	4,110E+12	-548,0	-554,7
Faldas de bulárcama	2	200	5,4	13950	200	-751		2164	2164	3,019E+07	-1,966E+10	7,213E+06	9,253E+08	1,291E+13	-551,3	-751,3
Panel asociado fondo túnel	1	400	45,1	17026		0	-774	18020		3,068E+08	-2,374E+11	3,048E+06	1,079E+10	1,838E+14	-751,3	-796,4
								0		0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	0,0	0,0
								43450	13680	4,452E+08	-2,801E+11		1,342E+10	2,061E+14	31,7	-796,4

Eje neutro =	-629 mm
Area sección (a cortante) =	13680 mm ²
Elo =	2,987E+13 N/mm ² × mm ⁴
ES =	4,452E+08 N/mm ² × mm ²
E _{equiv} =	10246 N/mm ² (1044,5 kg/mm ²)
I (aprox.) =	2,915E+09 mm ⁴ (291491,5 cm ⁴)
W (aprox.) =	4410664 mm ³ (4410,7 cm ³)
σ _{u fix} (con poliéster) =	174,2 N/mm ² (17,8 kg/mm ²)
σ _{u trcc} (con poliéster) =	104,5 N/mm ² (10,7 kg/mm ² , aprox.)
τ _u (con poliéster) =	64,7 N/mm ² (6,6 kg/mm ²)
Momento Resist. =	768270 N×m (78315 kg×m)

660,9 mm



Viga transversal en secc. 9¼

	Cant	ℓ ó H	e	E	Pryc. eje perpend.	Dist.Pto. inf. a LB	(todos los cálculos en mm)								
		(mm)	(mm)	(N/mm²)	(mm)	(mm)	Si	S _{Qi}	EiSi	EiSizi	I _{pp}	I _{xx}	EiI _{xx}	d alto	d bajo
							(mm²)	(mm²)	(N/mm²×mm²)	(N/mm²×mm³)	(mm⁴)	(mm⁴)	(N/mm²×mm⁴)	(mm)	(mm)
Panel asociado de cbta	1	320	31,7	2769	0	16	10144		2,808E+07	4,451E+08	8,495E+05	3,398E+06	9,407E+09	31,7	0,0
Faldas de bao fuerte	2	180	5,3	11374	180	-180	1904		2,166E+07	-1,949E+09	5,142E+06	2,057E+07	2,339E+11	0,0	-180,0
Corona de bao fuerte	1	100	8,0	16869	0	-184	796	796	1,343E+07	-2,470E+09	4,203E+03	2,695E+07	4,546E+11	-180,0	-188,0
Panel asociado fondo túnel	1	320	45,1	17026	0	-207	14416		2,454E+08	-5,068E+10	2,438E+06	6,172E+08	1,051E+13	-184,0	-229,0
							0		0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	0,0	0,0
							27260	796	3,086E+08	-5,466E+10		6,681E+08	1,121E+13	31,7	-229,0
Eje neutro =		-177 mm													
Area sección (a cortante) =		796 mm²													
Elo =		1,525E+12 N/mm² × mm⁴													
ES =		3,086E+08 N/mm² × mm²													
E _{equiv} =		11321 N/mm² (		1154,0 kg/mm²)											
I (aprox.) =		1,347E+08 mm⁴ (		13472,2 cm⁴)											
W (aprox.) =		645178 mm³ (		645,2 cm³)			208,8 mm								
σ _{u flx} (con poliéster) =		192,5 N/mm² (		19,6 kg/mm²)											
σ _{u trcc} (con poliéster) =		115,5 N/mm² (		11,8 kg/mm², aprox.)											
τ _u (con poliéster) =		72,7 N/mm² (		7,4 kg/mm²)											
Momento Resist. =		124169 Nxm (		12657 kgxm)											

208,8 mm



ANEXO 6

Cálculos de la estructura transversal



TRANSMISION DE CARGAS PARA DESPLAZAMIENTO PARALELO POR FLEXION TRANSV:

Desplazamiento uniforme de: **100 mm**

Reacciones obtenidas:

Nodo	Z-react.
1	-4.862E+06
6	-1.116E+06
11	-1.116E+06
16	-1.116E+06
21	-5.600E+05
26	-2.859E+04

-8.798E+06 N
-8797.9 kN

Fuerza cortante necesaria de Reglas = **42.335 kN**
Desplazamiento uniforme a aplicar = **0.48 mm**

169.34 kN-m Ms

Fuerza cortante asociada al Mto. Flector
42.335 kN

Teorema de la proporcionalidad entre deformaciones y fuerzas en la zona elastica

TRANSMISION DE CARGAS PARA DESPLAZAMIENTO TRIANGULAR POR TORSION:

Desplazamiento triangul en extremo: **100 mm**

Desplazamientos aplicados:

Nodo	Desplz. inicial	Desplz. para anular Z-react
5	0.000	-0.020
10	0.016	-0.004
15	0.039	0.019
20	0.059	0.039
25	0.080	0.060
30	0.100	0.080

Reacciones obtenidas SIN anulaci3n reacciones verticales:

Nodo	Pos.X	Z-react.	Mto.Torsor
1	0.00	5.975E+00	0.000E+00
6	4.81	-1.752E+05	-8.425E+05
11	11.80	-4.298E+05	-5.071E+06
16	18.08	-6.585E+05	-1.190E+07
21	24.36	-4.452E+05	-1.085E+07
26	30.64	-2.859E+04	-8.761E+05
		-1.737E+06	-2.954E+07

Desplaz. opuesto necesario para anular reacciones verticales:

-1.975E-02 m

Reacciones obtenidas CON anulaci3n reacciones verticales:

Nodo	Pos.X	Z-react.	Mto.Torsor
1	0.00	9.603E+05	0.000E+00
6	4.81	4.513E+04	2.171E+05
11	11.80	-2.095E+05	-2.472E+06
16	18.08	-4.381E+05	-7.921E+06
21	24.36	-3.346E+05	-8.151E+06
26	30.64	-2.295E+04	-7.031E+05
		2.420E+02	-1.903E+07 Nx·m
		0.24 kN	-19030.0 kN·m

Momento torsor necesario de Reglas = **3943.88 kN·m**
Desplazamiento triangular a aplicar = **20.72 mm**



DESPLAZAMIENTOS A APLICAR PARA SOLICITACIONES DE LAS REGLAS:

Fuerza cortante de las Reglas (<> Mto.Flector) = 42.335 kN
 Momento torsor de las Reglas = 3943.88 kNxm

Desplazamientos a aplicar en los nodos de referencia:

Nodo	DESPLAZAMIENTOS		Totales (m)	(mm)	(mm)
	Por Mto.Flect. (m)	Por Mto.Torsor (m)			
5	4.81E-04	-4.09E-03	-3.611E-03	-4.09	-3.61
10	4.81E-04	-8.38E-04	-3.572E-04	-0.84	-0.36
15	4.81E-04	3.89E-03	4.372E-03	3.89	4.37
20	4.81E-04	8.14E-03	8.621E-03	8.14	8.62
25	4.81E-04	1.24E-02	1.287E-02	12.38	12.87
30	4.81E-04	1.66E-02	1.711E-02	16.63	17.11

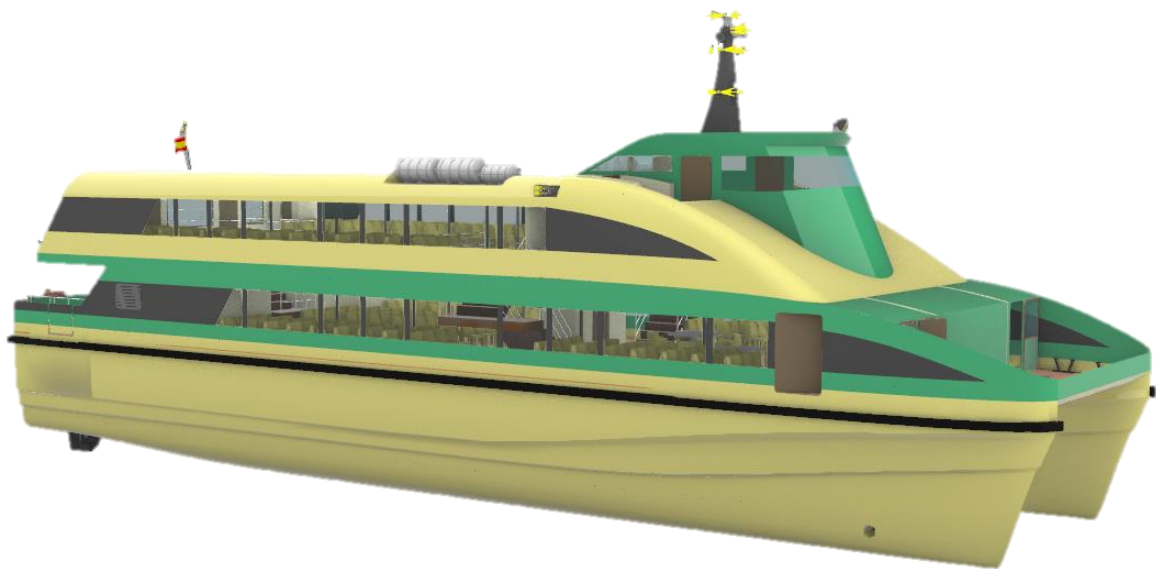
Reacciones obtenidas FINALES ajustadas a requerimientos:

Posición centro giro respecto a origen: 5.504 m

Nodo	Pos.X	Z-react.	Mto.Torsor
1	-5.50	1.756E+05	-9.663E+05
6	-0.69	3.984E+03	-2.765E+03
11	6.30	-4.878E+04	-3.071E+05
16	12.58	-9.618E+04	-1.210E+06
21	18.86	-7.207E+04	-1.359E+06
26	25.14	-4.892E+03	-1.230E+05
	N	-4.237E+04	-3.968E+06 Nxm
	kN	-42.37	-3967.8 kNxm

CUADERNO 7

CALCULO DE LA POTENCIA PROPULSORA



Autor: Luis Rodríguez Ramos

Tutor: Leandro Ruiz Peñalver



INDICE

1. Especificaciones.....	1
2. Introducción	2
3. Estimación de la potencia propulsora	3
3.1. Método analítico de holtrop	3
3.2. Métodos computacionales.....	5
4. Selección de los motores principales	9
5. Cálculo y diseño de las hélices	11
5.1. Huelgos de la hélice.....	11
5.2. Número de palas	12
5.3 relación área/disco	13
5.4. Coeficientes propulsivos	13
5.5. Elección del propulsor	16
5.6. Características del propulsor.....	18
6. Cálculo y diseño del timon	19
6.1 Características de la maniobrabilidad	19
6.2. Características del timón.....	20
6.3. Elección del timón	22
6.4. Superficie de compensación	22
6.5. Escantillonado del timón.....	23
6.6. Geometría del timón	24
7. Potencia del servomotor	25
7.1. Geometría del timón	25
7.2. Par del timón	25
7.3. Potencia del servomotor	26
8. Cálculo de la helice de maniobra	27



9. Bibliografía	28
ANEXOS	29
ANEXO 1 - Estimación de la potencia de remolque en mar llana por HOLTROP	
ANEXO 2 - Especificación técnica de los motores principales	
ANEXO 3 - Cálculo sistemático de la elección de los timones	
ANEXO 4 - Cálculo escantillonado timón	



INDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Resistencia al avance en aguas tranquila por métodos analíticos.....	5
Figura 2 - Potencia de remolque por métodos analíticos.....	5
Figura 3 - Representación de la resistencia al avance	6
Figura 4 - Resistencias al avance en aguas tranquilas por métodos computacionales.....	7
Figura 5 - Potencias de remolque por métodos computacionales	8
Figura 6 - Motor Cummins QSK-60.....	10
Figura 7 - Croquis huelgos de la hélice.....	12
Figura 8 - Potencia del motor en función de las rpm	16
Figura 9 - Resistencia al avance con viento.....	16
Figura 10 - Diagrama del propulsor aislado	18
Figura 11 - Maniobra de evolución	19
Figura 12 - Geometría del timón	24

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 - Datos Holtrop analítico.....	3
Tabla 2 - Desglose de resistencia por Holtrop.....	4
Tabla 3 - Validez de los métodos por F_n	6
Tabla 4 - Validez de los métodos por factores dimensionales	7
Tabla 5 - Características del motor	10
Tabla 6 - Huelgos de la hélice	12
Tabla 7 - Coeficientes propulsivos.....	15
Tabla 8 - Estudio sistemático del número de palas - relación de reducción y rendimiento	17



1. ESPECIFICACIONES

- Clasificación: Lloyds Register
- Pasajeros: 300
- Velocidad crucero: 24 nudos
- Autonomía: 450 millas náuticas
- Material constructivo: GRP
- Aspectos adicionales: Estudio por elementos finitos de los elementos estructurales más importantes.



2. INTRODUCCION

En este cuaderno se diseña la potencia propulsora de la embarcación que junto a la resistencia estructural del casco son los grandes pilares de cualquier proyecto de una embarcación. Al igual que otros cuadernos anteriores para el diseño de la potencia propulsora se ha empleado la espiral de diseño. En los cuadernos iniciales se ha estimado un propulsor de forma preliminar, en este cuaderno se estudia de manera exhaustiva el propulsor definitivo del buque.

En primer lugar, se ha de estimar la resistencia al avance que generan los cascos, para ello se estudia por métodos analíticos como computacionales.

A continuación, se estudia por variación sistemática el conjunto propulsivo de motor, reductora y hélice, donde se consigue una elección de compromiso entre varios factores.

Por último, se diseñan los componentes y sistemas del timón, el servo y la hélice de maniobra.



3. ESTIMACION DE LA POTENCIA PROPULSORA

La estimación de potencia del buque se va a realizar por varios métodos de predicción de potencia. En este proyecto solo se plasmarán los resultados fiables, habiendo descartado previamente varios métodos no compatibles ni con las formas ni con el servicio del buque.

En primer lugar, se estima la potencia a través del método analítico de Holtrop de 1984.

3.1. Método analítico de Holtrop

Es un método estadístico obtenido a partir de regresiones matemáticas de los resultados de los ensayos del Canal de Wageningen y de resultados de pruebas de mar de buques construidos, que proporciona estimaciones de la resistencia bastante satisfactorias para buques de desplazamiento.

Datos de partida

Los datos de entrada del método Holtrop 1984 son:

DATOS DE PARTIDA		
Velocidad	24	kn
Viscosidad	1.1888E-06	
Densidad	104.5	kg-f/m ³
Gravedad	9.81	m/s ²
Eslora en la flotación (Lwl)	33.14	m
Eslora del casco (Lcarena)	34	m
Manga (B)	3	m
Calado (T)	1.195	m
Desplazamiento (Δ)	66.2	t
Vol. Carena	64.58	m ³
Coeficiente prismático (Cp)	0.778	
Centro de carena longitudinal (lcb)	-1.59	m
Coeficiente en la maestra (Cm)	0.847	
Coeficiente de bloque (Cb)	0.655	
Coeficiente de área de flotación (Cwp)	0.8470	
Área flotación (Aflt)	69.867	m ²
Área bulbo (Abt)	0	m ²
Calado en proa (TF)	1.195	m
Altura bulbo (hb)	0	m
Área sumergida del espejo (At)	1.22	m ²
Semiáng, iE	6	º
Calado popa (TA)	1.195	m
Altura obra muerta del casco	2.5	m
Altura superestructura	5.2	m
Manga promedio de la superestructura	4.94	m

Tabla 1 - Datos Holtrop analítico



Desarrollo del método

El método de Holtrop calcula la resistencia al avance desglosando esa resistencia total en varias según se muestra a continuación. Los cálculos de resistencia y potencia se muestran más detallados en el ANX-1 para un solo casco.

$$R_{\text{HOLTROP}} = R_F (1+k_1) + R_{\text{APP}} + R_W + R_{\text{BLB}} + R_{\text{TR}} + R_A$$

- *Donde,
- $R_F (1+k_1)$ = Resistencia por fricción.
 - R_{APP} = Resistencia de apéndices.
 - R_W = Resistencia por formación de olas.
 - R_{BLB} = Resistencia por bulbo en superficie.
 - R_{TR} = Resistencia por inmersión espejo.
 - R_A = Resistencia por correlación modelo - buque.

Resultados del método

Siendo los resultados de las distintas resistencias para un solo casco los siguientes:

$R_F(1+k_1)$	2129.9	kg
R_{APP}	101.1	kg
R_W	1932.9	kg
R_{BLB}	0.0	kg
R_{TR}	0.0	kg
R_A	1621.5	kg

Tabla 2 - Desglose de resistencia por Holtrop

Resistencia total estimada = 5785 kg --> 56.74 kN

Potencia total estimada = 952 EHP --> 709.91 kW



A continuación, se muestran las gráficas de resistencia y potencia para todo el régimen de velocidades para el conjunto de los dos cascos:

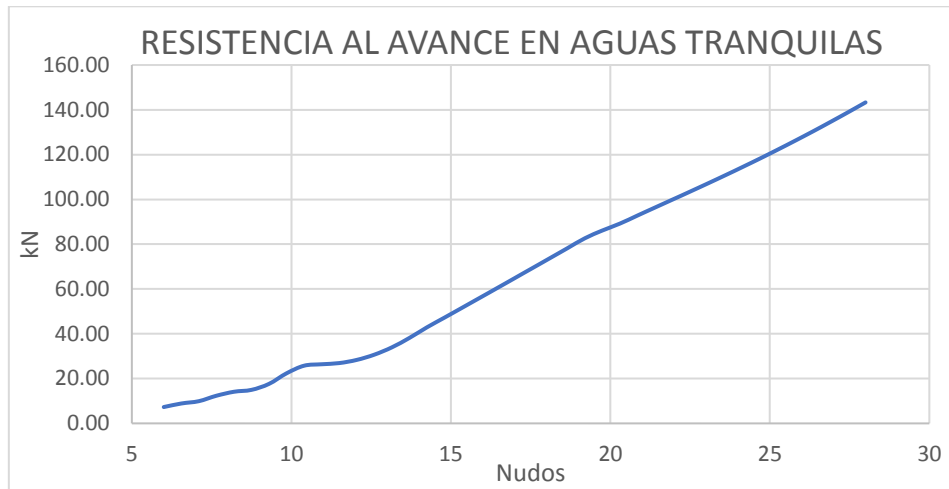


Figura 1 - Resistencia al avance en aguas tranquila por métodos analíticos

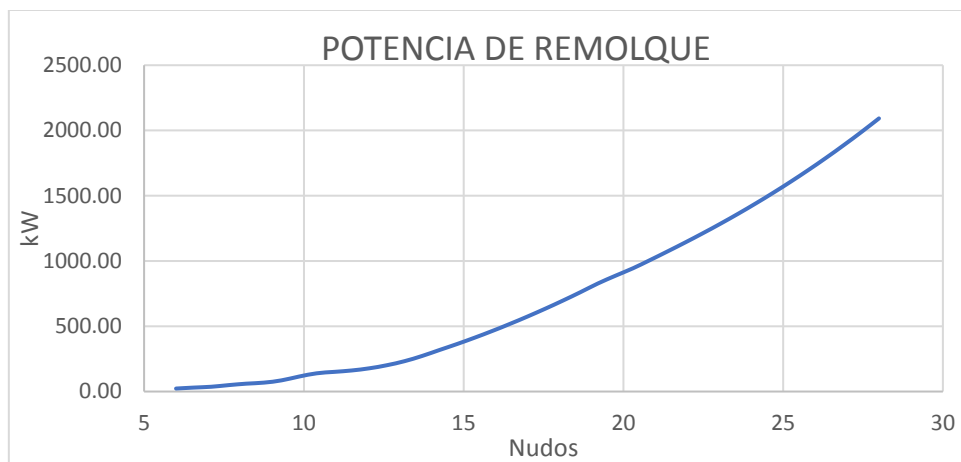


Figura 2 - Potencia de remolque por métodos analíticos

3.2. Métodos computacionales

Otra forma de calcular la resistencia de una carena es a través de los distintos métodos computacionales. Para ello, con el programa de arquitectura naval Maxsurf Resistance se procede a la estimación de la resistencia y potencia de la carena.

Para este proyecto se van a emplear cuatro métodos computacionales. Holtrop y Fung son empleados para embarcaciones de desplazamiento, mientras que Savitsky es utilizado para las embarcaciones de planeo y semiplaneo.

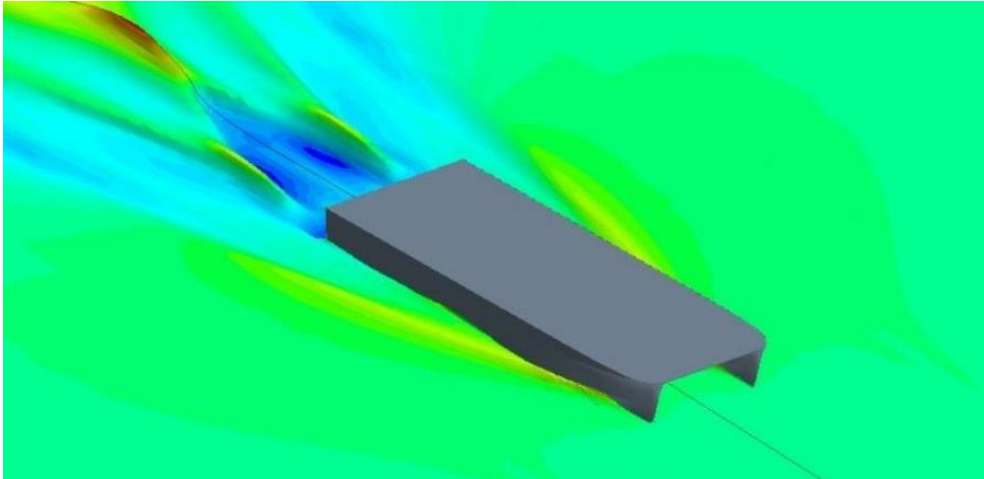


Figura 3 - Representación de la resistencia al avance

Cada método es adecuado para unas condiciones específicas de formas de la carena y de navegación. Según los siguientes valores obtenidos de Maxsurf, se puede verificar los métodos usados.

La predicción de resistencia según la velocidad se calcula en función del Número de Froude, este factor de la embarcación a diseñar es $F_n = 1.35$. A continuación, se muestran los rangos de valores en función de la velocidad de los métodos usados.

Método	Límite baja velocidad	Límite alta velocidad	Buque
Savitsky pre-planeo	$F_{n_v} = 1.0$	$F_{n_v} = 2.0$	1.35
Savitsky planeo	$F_{n_b} = 1.0$	$F_{n_b} = 6.0$	1.35
Holtrop	0.0	$F_{n_L} = 0.8$	1.35
Fung	$F_{n_L} = 0.134$	$F_{n_L} = 0.908$	1.35

Tabla 3 - Validez de los métodos por F_n

En función de las dimensiones:

Método	Límite inferior	Magnitud	Límite superior	Buque
Savitsky pre-planeo	3.07	$L/V^{1/3}$	12.4	7.98
Savitsky planeo	3.7	l_e	28.6	6
	2.52	L/B	18.26	13.06
	1.7	B/T	9.8	2.05
	0	At/A_x	1	1
	-6.56%	LCG/L	0.3%	-0.43
Holtrop	0.55	C_p	0.85	0.778
	3.9	L/B	15	13.06
	2.1	B/T	4.0	2.05
Fung	0.00057	V/L^3	0.01257	0.0019
	1.696	B/T	10.204	2.05
	0.526	C_p	0.774	0.778



0.556	Cx	0.994	0.847
14.324	le	23.673	6
2.52	L/B	17.935	13.06
0.662	Cwp	0.841	0.847

Tabla 4 - Validez de los métodos por factores dimensionales

Teniendo en cuenta los rangos de valores examinados, se establece que los métodos de Savitsky en planeo y semiplaneo son los más adecuados. Si bien, el método de Savitsky está estudiado para cascos rectos, teniendo en cuenta que la carena del buque a diseñar consta de ciertas formas, la resistencia al avance se combinará con una media ponderada con el método de Holtrop, ya que los valores límites del método se ajustan casi en la mayoría de ellos al buque a diseñar.

A continuación, se muestran las gráficas de resistencia y potencia para todo el régimen de velocidades para el conjunto de los dos cascos:

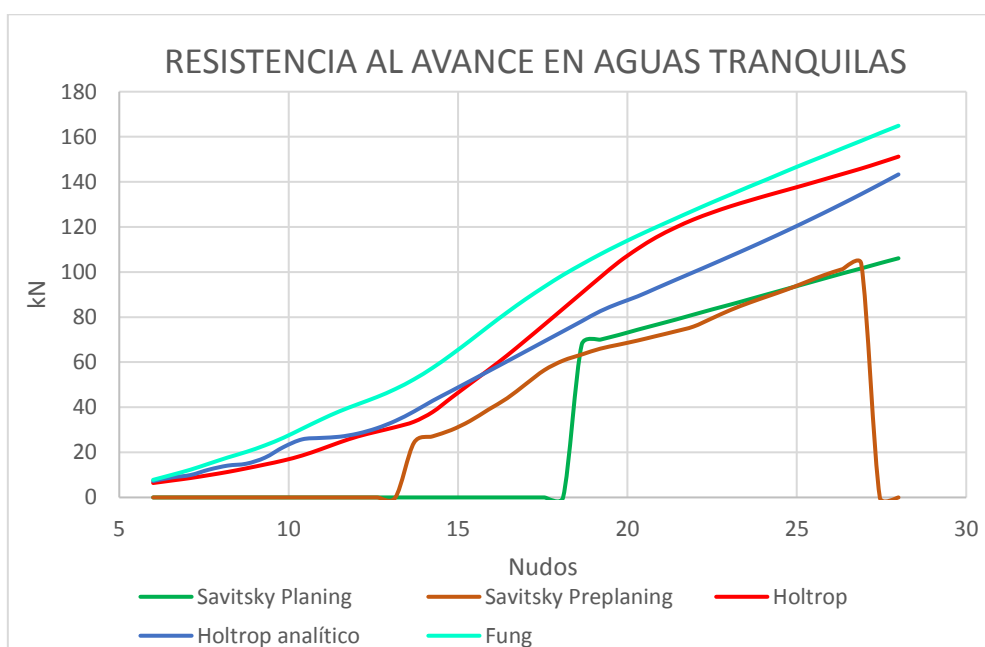


Figura 4 - Resistencias al avance en aguas tranquilas por métodos computacionales

En la gráfica anterior se observa que en condiciones de planeo para la que ha sido diseñada la embarcación las curvas de resistencias son muy parecidas. Para una velocidad de 24 nudos que es el régimen promedio ponderado donde operará la embarcación a la resistencia es:

Resistencia estimada para un patín = 52.62 kN

Resistencia estimada para dos patines = 105.24 kN



Se realiza lo mismo para la potencia de remolque:

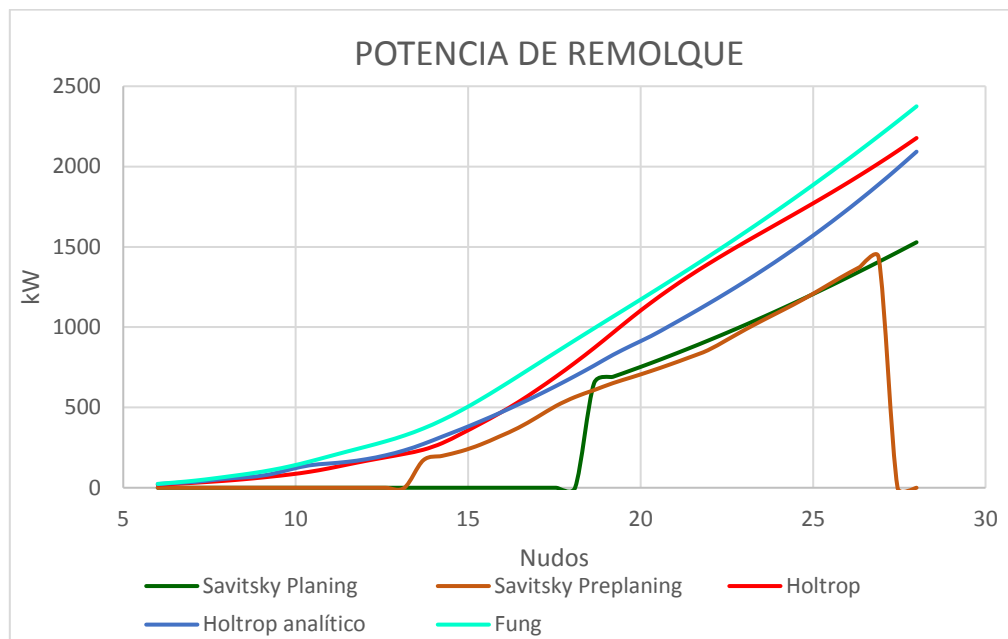


Figura 5 - Potencias de remolque por métodos computacionales

Potencia estimada para un patín = 655.74 kW

Potencia estimada para dos patines = 1311.48 kW



4. SELECCIÓN DE LOS MOTORES PRINCIPALES

Según la potencia estimada se tiene que cada patín debe entregar una potencia de 655.74 kW. A esta potencia se le va a someter a una serie de suposiciones para obtener un propulsor preliminar.

- Potencia MCR, corresponde a la máxima potencia que puede trabajar el propulsor durante un tiempo determinado. La potencia de 655.74 kW corresponde con el 85% del MCR.
- Rendimiento propulsivo, se debe a las pérdidas por reductora, ejes, bocinas, la interferencia entre hélice – casco y el timón. Este rendimiento a priori se va a estimar un valor de 0.6.
- Fenómeno de interferencia entre casco se va a estimar como un valor del 4%.
- La resistencia al viento que presentan los casco y la superestructura generan un aumento del 8% de resistencia adicional.

En la gráfica anterior se observa que en condiciones de planeo para la que ha sido diseñada la embarcación las curvas de resistencias son muy parecidas. Para una velocidad de 24 nudos que es el régimen promedio donde operará la embarcación a la resistencia es:

$$\frac{655.74}{0.6 \times 0.85 \times 0.96 \times 0.92} = \mathbf{1455.8 \text{ kW}}$$

La potencia necesaria estimada es de 1456 kW, a continuación, se ha seleccionado un motor que iguale o supere esa potencia. Hay que tener en cuenta que aparte de las suposiciones nombradas anteriormente, el motor en una cámara de máquinas ofrece menor rendimiento al recibir menos aire y más caliente. Además, con el paso del tiempo se produce desgaste y suciedad en el motor, en la carena y en la hélice, siendo estos factores perjudiciales para la potencia. Por lo que es recomendable elegir un motor que ofrezca algo más de potencia.

El motor seleccionado para la embarcación es un Cummins QSK60-M de 1491 kW a 1800 RPM. Es un modelo superior de motor que el utilizado por el buque base, con más de potencia y una clasificación marina más apta para buques de pasaje de planeo.

En el ANX-2 se puede ver las especificaciones del motor.



Figura 6 - Motor Cummins QSK-60

El motor tiene 35 kW más de lo calculado previamente, con ese exceso de potencia se podrá entregar la potencia deseada en condiciones de desgaste de los elementos propulsivos.

Entre las características del motor, se destaca que en la clasificación marina pertenece al de 'Servicio Continuo'. Lo que significa que está diseñado para uso continuo a plena potencia.

Para este tipo de embarcaciones sería mejor un motor de 'Servicio Continuo Medio' ya que está diseñado para carga variable como son los pasajeros y embarcaciones de alta velocidad. Pero debido a que no se han podido conseguir las curvas de potencia de este motor, se calculará con el motor de las siguientes características.

CARACTERISTICAS GENERALES		
Marca	Cummins	
Modelo	QSK60-M	
Combustible	Diesel	
Potencia	1491	kW
Revoluciones	1800	rpm
Aspiración	Turboalimentado	
Cilindros	16	
Peso	8754	kg
IMO	Tier II	

Tabla 5 - Características del motor



5. CALCULO Y DISEÑO DE LAS HELICES

En el cálculo y diseño del propulsor hay que tener en cuenta el tipo de navegación del buque, la velocidad a la que va a navegar, el desplazamiento medio que se espera junto al calado y el tiempo que la embarcación realiza maniobras en puerto.

El primer parámetro que hay que fijar es si la hélice es fija o de paso variable. Para la elección se nombran las ventajas e inconvenientes de cada una de las hélices y se elegirá la misma en consecuencia con lo óptimo para la embarcación.

Las ventajas de las hélices fijas son principalmente:

- Menor costo de adquisición
- Menor costo de mantenimiento
- Mayor rendimiento
- Menor peso de la hélice
- Menor número de averías

Las ventajas de las hélices de paso variable son:

- Optimización de la velocidad de la embarcación en condiciones de cargas cambiantes
- Mayor maniobrabilidad

La velocidad del buque y la maniobrabilidad en las maniobras de puertos son factores muy importantes para las embarcaciones de pasaje. En este proyecto al tratarse de un catamarán con hélice de maniobra, se puede asegurar que este parámetro está más que solventado con dos hélices fijas.

La optimización de la velocidad en cambio es un factor más complicado de solucionar. En este tipo de servicio el flujo de pasajeros varía dependiendo del trayecto y de la época del año, por lo que hace difícil estimar una hélice fija que solvante las necesidades de la embarcación en cada momento. Sin duda, una hélice de paso variable sería una opción certera para este tipo de embarcación. Sin embargo, una hélice fija supondría un ahorro de costos en todas las fases de la vida de la embarcación. Por lo que una hélice fija es finalmente la opción idónea para esta embarcación.

5.1. Huelgos de la hélice

En el cuaderno 3 se fijó el diámetro de la hélice y se calcularon los huelgos de la misma. En el punto que se encuentra el proyecto, las formas del buque ya están fijadas, con lo que se procede a adaptar el propulsor a esas formas.

Al cambiar ligeramente la potencia de diseño inicial con la potencia estimada en apartados anteriores, se ajustan los huelgos de la hélice para obtener un rendimiento óptimo.

Utilizando la tabla 6 usada en el cuaderno 3 y la nueva potencia estimada de 1342 kW, se tiene que los nuevos huelgos para una hélice de 1.10 metros son:

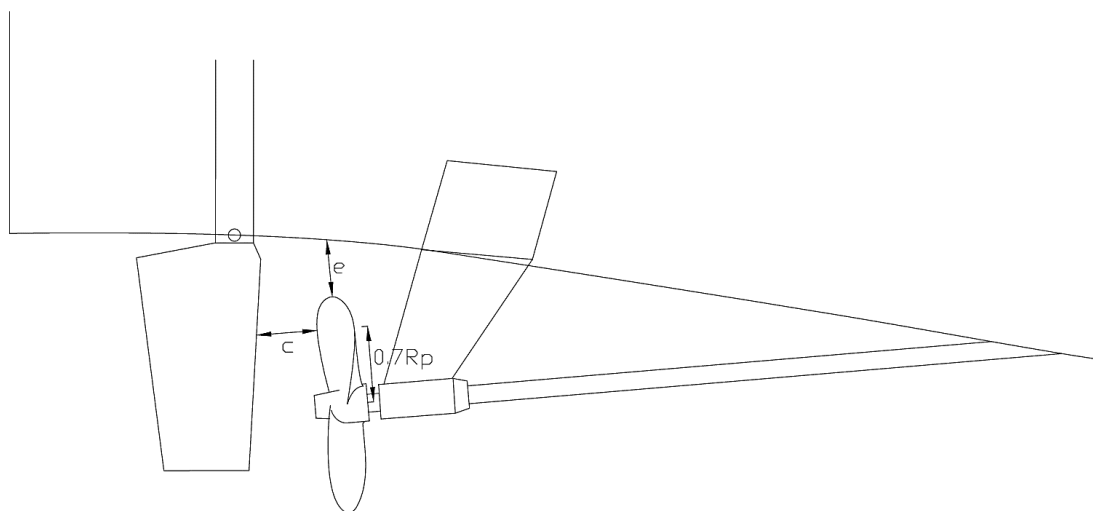


Figura 7 - Croquis huelgos de la hélice

En la siguiente tabla se observan los huelgos mínimos recomendados por la sociedad de clasificación y los reales.

HUELGOS		
	Mínimo recomendable	Real
c	0.132	0.310
e	0.300	0.300

Tabla 6 - Huelgos de la hélice

5.2. Número de palas

El número de palas de la embarcación se estimará en próximos apartados utilizando regresiones entre el número de palas, la relación de reducción y el rendimiento de la hélice aislado. A medida que se aumenta el número de palas en general baja el rendimiento de la hélice para las mismas características. Sin embargo, al tratarse de una embarcación de alta velocidad, a menor número de palas, la hélice se sobrecarga más y como consecuencia disminuye el rendimiento y aumenta la cavitación.

Todos esto se ha de tener en cuenta en el cálculo del estudio de regresiones, donde se utilizarán hélices de la serie BB de Wageningen.

Para este tipo de embarcación, el número de palas de la hélice es entre 4 y 5 palas. Se descarta 3 palas por ser para barcos de muy bajo desplazamiento y 6 palas por ser para barcos de grandes desplazamiento o problemas de vibraciones.



5.3 Relación área/disco

La relación área disco influye en gran medida sobre la cavitación. A medida que se aumenta la relación área/disco disminuye la cavitación, pero también disminuye el rendimiento de la hélice. Utilizando la relación de Keller, se obtiene una estimación de la relación área disco que se debe tener para evitar la cavitación.

$$\left(\frac{A_e}{A_o}\right)_{min} = \frac{(1.3 + 0.3 \times Z) \times T}{(P_o - P_v) \times D^2} + k$$

- *Donde,
- Z = Número de palas.
 - T = Empuje del propulsor en kg.
 - P_o = La presión estática en el centro de las líneas de los ejes, 10100 kg/m².
 - P_v = La presión de vapor con una inmersión de 1.13 metros, 1026 × inmersión en kg/m².
 - k = coeficientes para buques con dos hélices de cunial.

5.4. Coeficientes propulsivos

Coeficiente de estela a igualdad de empuje

El coeficiente de estela mide la influencia que ejerce el casco sobre la hélice al recibir esta última el agua a una velocidad inferior debido a la presencia del propio casco.

$$w_T = \left(\frac{V_A - V}{V} \right)$$

- *Donde,
- V = Velocidad del buque.
 - V_A = Velocidad del agua que atraviesa el disco de la hélice.

Coeficiente de succión

El coeficiente de succión es debido a que cuando el barco es autopropulsado, la hélice ejerce una acción sobre la carena que consiste en un aumento de la resistencia al avance. Es aumento de resistencia es debida a dos motivos. El primero consiste en que la hélice produce un aumento de velocidad del flujo y esto genera una disminución de la presión, que a la vez genera un efecto de succión. El segundo motivo es debido al aumento de la resistencia de fricción que se genera en la zona de popa.

$$t = \frac{T - R_T}{T}$$

- *Donde,
- R = Resistencia de remolque.
 - T = Empuje que deben proporcionar las hélices.



Rendimiento del casco

El rendimiento del casco no depende del propulsor, solo mide la bondad de las formas de la carena para que cualquier tipo de propulsor sea capaz de dar el empuje necesario.

$$\eta_c = \frac{1 - t}{1 - w}$$

Rendimiento del propulsor aislado

El rendimiento del propulsor aislado se define como la relación entre la potencia útil y la absorbida por dicho propulsor funcionando en un flujo libre de agua a la misma velocidad de avance y a las mismas revoluciones sin un casco delante.

$$\eta_o = \frac{T \times V_A}{2 \pi n Q_o}$$

*Donde, n = Revoluciones del propulsor.
 Q_o = Par absorbido en aguas libres.

Rendimiento del propulsor tras la carena

El rendimiento del propulsor aislado se define como la relación entre la potencia útil y la absorbida por dicho propulsor funcionando en un flujo tras la carena.

$$\eta_B = \frac{T \times V_A}{2 \pi n Q_B}$$

*Donde, Q_B = Par absorbido tras la carena.

Rendimiento rotativo-relativo

El rendimiento del propulsor rotativo-relativo no es un rendimiento, sino mide la bondad de la interacción de la carena y la hélice.

$$\eta_{rr} = \frac{\eta_B}{\eta_o}$$

Estimación de coeficientes y rendimiento para buques de codaste abierto

Holtrop estima los coeficientes de estela, succión y rendimiento rotativo-relativo para buques con codastes abiertos, barcos esbeltos, rápidos y de vela según las siguientes relaciones.

$$w = 0.3C_B + 0.1C_V C_B - 0.1$$

$$t = 0.10$$

$$\eta_{rr} = 0.98$$



Los coeficientes estimados son los siguientes:

	Mínimo recomendable
w	0.0951
t	0.10
η_{rr}	0.98

Tabla 7 - Coeficientes propulsivos

Coeficientes K_T –J y K_Q –J

Para el cálculo de parámetros del propulsor se puede recurrir a la teoría de funcionamiento de propulsores como la NTI o la de circulación. Para ellos y recurriendo a la serie sistemática se van a seguir las expresiones polinómicas de la serie BB de Wageningen.

En función del grado de avance se parametrizan las siguientes expresiones polinómicas.

$$K_T = \Sigma K_T \times C_{s,t,u,v} \times (J)^s \times \left(\frac{H}{D}\right)^t \times \left(\frac{AE}{AO}\right)^u \times (Z)^v$$

$$K_Q = \Sigma K_Q \times C_{s,t,u,v} \times (J)^s \times \left(\frac{H}{D}\right)^t \times \left(\frac{AE}{AO}\right)^u \times (Z)^v$$

*Donde, J = Grado de avance del propulsor.
 (H/D) = Relación paso/diámetro a 0.75R.
 (AE/AO) = Relación área/disco.
 Z = Número de palas.
 K_T, K_Q, C, s, t, u y v son coeficientes tabulados según la serie sistemática

Estas curvas deben ser corregidas ya que se deben tener en cuenta los efectos de escala. Las correcciones se hacen en base al perfil equivalente de la sección de pala 0.75R.

$$K_{Tb} = K_{Tm} + 0,3 \times \frac{Z C_{0,75} H_{0,75}}{D^2} \times \Delta C_D$$

$$K_{Qb} = K_{Qm} - 0,25 \times \frac{Z C_{0,75}}{D} \times \Delta C_D$$

$$\Delta C_D = \left(2 + 4 \frac{t_{0,75R}}{C_{0,75R}}\right) \left(\left(\frac{0,04}{(R_{nco})^{1/6}} - \frac{5}{(R_{nco})^{2/3}} \right) - \left(1,89 + 1,62 \log \left(\frac{C_{0,75}}{k_p} \right) \right)^{-2,5} \right)$$

*Donde, ΔC_D = Incremento del coeficiente de resistencia.
 R_{nco} = Número de Reynol.
 k_p = Rugosidad de la hélice.



5.5. Elección del propulsor

Para la elección del propulsor se va a estudiar creando una serie sistemática, dicha serie sistemática se obtiene de la combinación de los parámetros expuestos en los anteriores apartados. A continuación, se explica cómo se ha desarrollado la serie sistemática:

1. En primer lugar, se ha de tener la curva límite de la potencia del motor que se encuentra en el ANX-2. A esa curva se le aplica el régimen del uso al 85% de su potencia nominal.

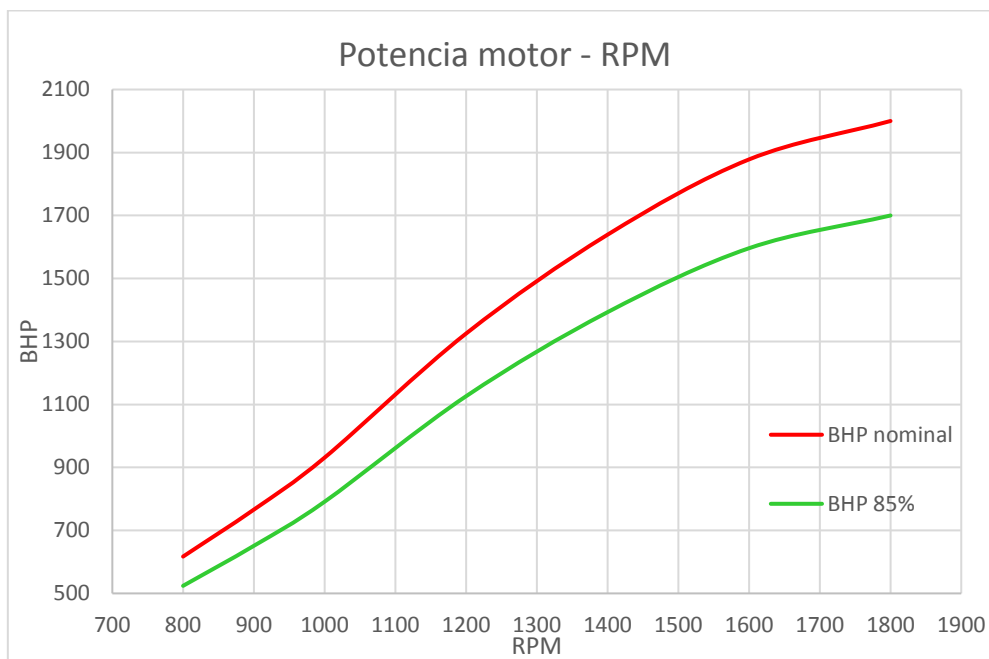


Figura 8 - Potencia del motor en función de las rpm

2. A continuación, con la tabla de resistencia del buque se entra con la velocidad de servicio y se obtiene la resistencia a remolque. Para un cálculo más preciso se ha calculado la resistencia hidrodinámica que ejerce la carena y la resistencia aerodinámica que ejerce la superestructura. Este cálculo se ha realizado con el método del holtrop analítico, en los gráficos que se muestran en las Figuras 8 y 9 se puede ver como el holtrop analítico es aproximadamente la media de los distintos cálculos de resistencia al avance.

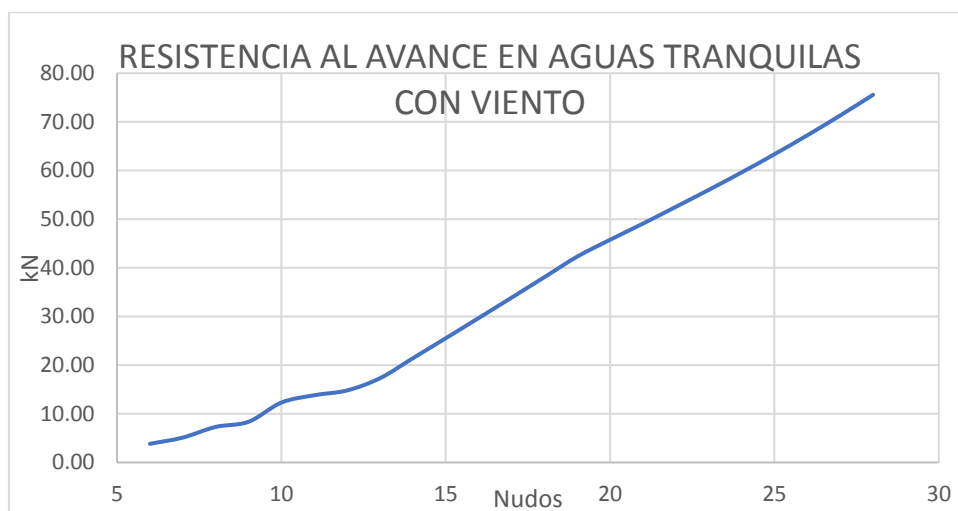


Figura 9 - Resistencia al avance con viento



La resistencia para la velocidad de servicio de 24 nudos es de 6076 kg para un solo casco.

3. Con la resistencia de remolque, el coeficiente de succión (1-t) y con el número de hélice, se obtiene el empuje que debe generar una hélice.

$$T = \frac{R_T}{(1 - t)}$$

Para la resistencia de 6076 kg y un coeficiente de succión de 0.9, el empuje requerido por la embarcación es de 6752 kg.

4. El siguiente paso es fijar los parámetros de la hélice.
- El diámetro de la hélice es fijo, siendo el máximo posible 1.10 metros.
 - El número de palas se va a variar entre 4 y 5.
 - La relación área/disco se rige por el criterio de cavitación, y este se modificará según el único parámetro variable que es el número de palas.
 - El paso de la hélice modifica la relación P/D y esta influye sobre los parámetros K_T y K_Q .
 - Por último, se obtiene el rendimiento aislado de la hélice partiendo de los parámetros K_T , K_Q y J. Siendo el grado de avance J, dependiente de la velocidad del buque, de coeficiente de estela, del diámetro del propulsor y de las revoluciones.
5. Con los parámetros nombrados anteriormente se procede a estudiar varias combinaciones variando el número de palas y la relación de reducción.

El objetivo de este estudio es encontrar la hélice que aporte mayor rendimiento para los parámetros definidos y proceder al ajuste de la misma.

Número de palas	Relación de reducción	η_o
4	1,25	0,447
4	1,50	0,559
4	1,75	0,629
4	2,00	0,664
4	2,25	0,675
4	2,50	0,668
4	2,75	0,651
4	3,00	0,630
5	1,25	0,442
5	1,50	0,540
5	1,75	0,606
5	2,00	0,645
5	2,25	0,660
5	2,50	0,645
5	2,75	0,604
5	3,00	0,554

Tabla 8 - Estudio sistemático del número de palas - relación de reducción y rendimiento



Finalmente, la hélice seleccionada es la de 4 palas con una relación de reducción de 2,25 por ofrecer el rendimiento óptimo de 0,675.

5.6. Características del propulsor

Según el anterior estudio sistemático, los parámetros principales del propulsor para la velocidad de 24 nudos correspondiente con el 85% BHP son los siguientes:

Diámetro:	1.100 m
Relación Área/ Disco:	1.339
Número de palas:	4
Relación de reducción:	2.250
Paso:	1365 mm
RPM:	1742 rpm
P/D:	1.241
1-w:	0.9049
1- t:	0.9000
η_{rr} :	0.9800
η_{cas} :	0.9946
η_{mec} :	0.9700
η_o :	0.6750

En el siguiente grafico se representa el diagrama del propulsor aislado para el propulsor con las anteriores características.

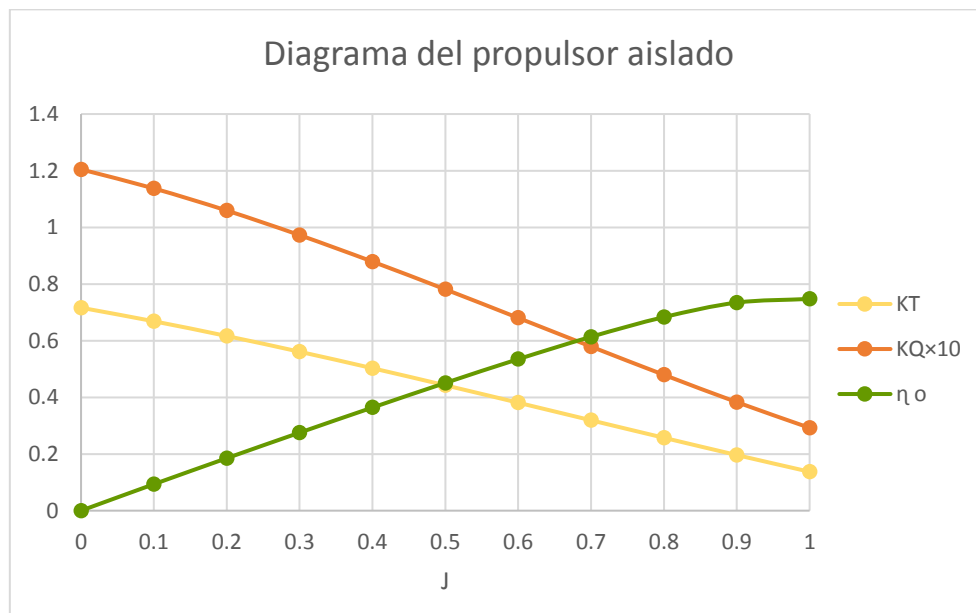


Figura 10 - Diagrama del propulsor aislado

Por último, se calcula el peso de cada una de las hélices utilizando la siguiente expresión:

$$W = 0.14 \times \left(\frac{AE}{AO} \right) D^3$$

$$W = 0.2495 \text{ tn}$$

El peso de cada una de las hélices son 250 kg



6. CALCULO Y DISEÑO DEL TIMON

De la maniobrabilidad del buque depende el diseño del timón, como puntos importantes se ha de tener en cuenta que el catamarán tendrá que realizar dos atraques y desatraques diarios.

El área del timón ha de ser la menor posible para reducir el consumo de la embarcación y no malgastar potencia propulsiva, pero ha de ser suficientemente grande para que el catamarán responda a las maniobras con firmezas como medida de seguridad.

En el diseño del timón se van a distinguir dos regímenes de velocidades.

- Cuando el buque navega a velocidad crucero de 24 nudos, navega a alta velocidad. A estas velocidades un timón pequeño es muy sensible en las correcciones de rumbo que se producen durante la navegación.
- En cambio, en las maniobras de entrada al muelle, salida del muelle, atraque y desatraque; el timón debe tener un área mayor con el fin de una respuesta rápida del catamarán. Sin embargo, al tratarse de un catamarán con doble propulsor y hélice de maniobra, facilita mucho la maniobrabilidad y el timón se diseña en base al régimen de navegación.

En la mayoría de los buques convencionales, el área del timón representa un 3% del área de deriva del buque. Para las embarcaciones de alta velocidad y en especial los catamaranes esta área se reduce considerablemente.

A continuación, se detallará las características principales que deben presentar la maniobrabilidad de la embarcación y el propio timón. A falta de estudios relevantes para este tipo de embarcaciones, el siguiente desarrollo está basado en buques mercantes de grandes esloras.

6.1 Características de la maniobrabilidad

Existen varias teorías sobre la maniobrabilidad, haciendo alusión al 'Libro del Proyecto Básico del Buque Mercante' y a la tesis doctoral de D. Antonio Barquero, la maniobrabilidad del buque se suele medir por las siguientes tres características fundamentales.

Facilidad de evolución

Esta cualidad se refiere al área que necesita la embarcación para realizar un cambio de rumbo importante. Un cambio de rumbo importante es de al menos de 180 grados.

El avance del buque antes de entrar en el radio de giro no debe superar la distancia de $4.5 \times L_{pp}$, siendo esta distancia 144 metros. Además, el diámetro táctico que es la distancia transversal desde que el buque empieza a girar hasta alcanzar los 180 grados, no excederá de $5 \times L_{pp}$.

Si el diámetro de giro es inferior o igual a los siguientes valores interpolados, se considera que la facilidad de evolución es suficiente.

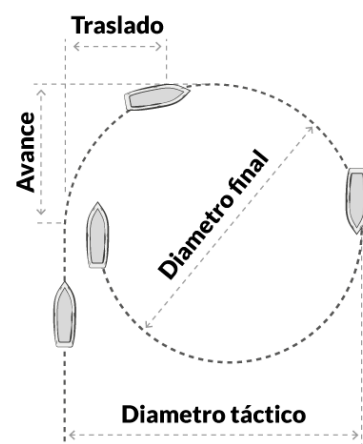


Figura 11 - Maniobra de evolución



$$C_b = 0.8 \quad D_o \leq 3.2 \times L_{pp}$$

$$C_b = 0.6 \quad D_o \leq 4.2 \times L_{pp}$$

Interpolando los valores para un C_b de 0.655 se tiene que el diámetro de giro es:

$$D_o = 3.925 \text{ metros}$$

Como ya se comentó, estos valores son para buques mercantes de mayores esloras y maniobrabilidad más reducida. Para un catamarán de 34 metros de eslora total, el radio de giro es considerablemente inferior.

Facilidad de gobierno

La estabilidad dinámica, la rapidez de respuesta o la estabilidad de ruta son cualidades que están englobadas en la facilidad de gobierno. La estabilidad de ruta mide la capacidad del timón para mantener la embarcación en una ruta determinada. A medida que crece la ruta, la importancia de esta cualidad aumenta, pues disminuye la resistencia al avance y por el contrario el consumo disminuye.

La facilidad de gobierno es medida en las pruebas de mar por la maniobra de zig-zag.

Facilidad de cambio de rumbo

Esta cualidad de la maniobrabilidad combina las dos anteriores. Mide la habilidad de la embarcación para cambiar de trayectoria en la menor distancia posible y con la mayor rapidez posible. Esto es importante para la maniobra anticolidión.

Los parámetros que mejor definen esta capacidad es el número 'P' de Norrbín, que hace referencia al ángulo de rumbo girado por unidad de ángulo de timón y el avance del buque.

El número P de Norrbín deberá ser superior o igual a los siguientes valores interpolados.

$$C_b = 0.8 \quad P \geq 0.2$$

$$C_b = 0.6 \quad P \geq 0.3$$

Interpolando los valores para un C_b de 0.655 se tiene que el número P de Norrbín deberá ser superior a:

$$P = 0.2725$$

6.2. Características del timón

Área del timón (A_t)

Como se ha comentado anteriormente, el área del timón está relacionado con el área de deriva de la embarcación. Al ser un catamarán de alta velocidad el área del timón es inferior a otros buques convencionales.

A falta de expresiones empíricas para este tipo de embarcaciones se va a utilizar la misma relación que el buque base que es aproximadamente el 1.5% del área de deriva para cada casco.



$$\text{Área de deriva} = L \times T = 32.00 \times 1.195 = 38.24 \text{ m}^2$$

$$\text{Área del timón} = 38.24 \times 1.5\% = 0.57 \text{ m}^2 \text{ el área de cada timón.}$$

Altura del timón (h)

Para el cálculo de la altura hay que tener en cuenta el espacio disponible entre la línea base y el casco en la mecha del timón. En este tipo de embarcación al tener un fondo plano y la hélice sobre pasar la línea base, se va a tomar la altura máxima hasta parte baja de la hélice. La hélice puede tener una altura máxima de 1.370 m. Para definir la altura se toman dos referencias:

- La distancia de la mecha del canto alto del timón se recomienda que sea 6% de H.
- La distancia del canto bajo del timón a la línea base debe ser al menos el 8% de H.

Con estas dos recomendaciones como mínimo se debe dejar una altura de un 14% de H. Por lo que la altura del máxima timón será $1.370 \times 86\%$ de H = 1.18 metros.

$$h_{max} = 1.18 \text{ m}$$

Cuerda del timón (c)

La cuerda del timón se calcula con la siguiente expresión:

$$c = \frac{A_t}{h}$$

Relación altura/cuerda (λ)

Una vez con la cuerda calculada, se ha de calcular la relación de alargamiento del timón. Esta relación se da por válida cuando los valores están entre $1.4 < \lambda < 2.0$.

$$\lambda = \frac{h}{c}$$

Relación espesor/cuerda (E)

La relación espesor cuerda mide la bondad que tiene el flujo de evitar desprendimiento a la salida del perfil los valores están entre $1.5 < \lambda < 2.3$.

Ángulo de desprendimiento (δ_s)

El ángulo de desprendimiento se refiere al ángulo límite donde se produce el desprendimiento del timón. El timón de los catamaranes principalmente se usa en navegación y esos ángulos son muy pequeños. Para fijar dicho ángulo, se considera que el ángulo óptimo se produce a partir de 22 grados.

$$\delta_s = 7.11 \left(1 + 7 \frac{t}{c} \right) \left(1 + \frac{1.25}{\lambda} \right) \left(1 + 0.048 \sqrt{\ln \left(1 + \frac{8 K_T}{\pi J^2} \right)} \right) \frac{h}{D}$$



6.3. Elección del timón

A continuación, se realiza un estudio sistemático combinando las distintas características y relaciones del timón.

Este tipo de embarcaciones están equipadas con timones compensados, a continuaciones, se describen los puntos importantes de la elección de los timones.

Como parámetros fijos del timón se utiliza el área del timón (A_t) y la altura disponible para albergar al timón (H), el resto de los parámetros se modifican con el fin de encontrar el óptimo.

Al ser una embarcación de alta velocidad los timones están sometidos a grandes presiones, para reducir estos esfuerzos sobre la mecha del timón se va a optar por reducir al máximo de lo posible la altura del timón.

Por la misma condición de alta velocidad, al timón para que reaccione le basta con un pequeño espesor, por consiguiente, se busca el espesor mínimo para evitar la resistencia y desprendimientos excesivos. No obstante, el ángulo de desprendimiento debe ser lo mayor posible para evitar la pérdida del control de la embarcación durante la maniobra.

En el ANX-3 se encuentran las tablas con las diferentes alternativas estudiadas del cálculo sistemático de los timones. Se ha seleccionado el timón con las siguientes características intentando conseguir un compromiso adecuado de los parámetros importantes nombrados anteriormente:

Área timón:	0.57 m ²
Altura H:	1.37 m
Altura timón:	0.90 m
Cuerda timón:	0.63 m
Relación altura/cuerda (λ):	1.42 m
Relación espesor/cuerda (E):	0.21 m
Ángulo de desprendimiento (δ_s):	22.3 °

6.4. Superficie de compensación

Centro de presiones (x)

El centro de presiones en el eje de abscisas se calcula por la siguiente expresión:

$$\frac{x}{c} = (1 - A \times \delta) \times (B + C \times \delta)$$

*Donde, x = Centro de presiones en el eje de abscisas.

A = coeficiente con valor 0.00428.

$$B = \frac{\lambda}{\lambda + 2.25} \times \frac{2.166 \times E}{1 + 0.644 \times \left(1 - e^{\left(\frac{-0.375 \times K_T}{J^2}\right)}\right)} = 0.1694$$

$$C = \left(1.268 - 3.6 \times E \times 0.0083 \times \frac{K_T}{J^2}\right) \times 10^{-2} = 0.0126$$



El centro de presiones en el eje de abscisas queda en función del ángulo de giro y de su cuerda, si al ángulo de giro se le da el máximo de 35 grados se obtiene:

$$x = c \times (1 - 0.00428 \times \delta) \times (0.1694 + 0.0126 \times \delta)$$

$$x = 0.326 \text{ m}$$

Par de la mecha (Q)

El par de la mecha del timón se calcula por la siguiente expresión:

$$Q = F_n \times (x - x_o)$$

*Donde, x_o = Centro de giro del timón.

La fuerza normal a la que está sometido el timón se estima por la siguiente expresión:

$$F_n = 0.09 \times A_T \times \rho_{as} \times V^2 \times \delta$$

$$F_n = 817.65 \times \delta$$

*Donde, A_T = Área proyectada del timón en m^2
 ρ_{as} = Densidad agua salada, 104.5 kg-f/m^3 .
 V = Velocidad en m/s
 $C = \left(1.268 - 3.6 \times E \times 0.0083 \times \frac{K_T}{J^2}\right) \times 10^{-2} = 0.0126$

Por los que se obtiene el par en función del ángulo de giro de timón y da la distancia de giro al canto de proa.

$$Q = 817.65 \times \delta \times (c \times (1 - 0.00428 \times \delta) \times (0.1694 + 0.0126 \times \delta) - x_o)$$

Superficie de compensación (Q)

Según 'El proyecto básico del buque mercante' la superficie de compensación se aproxima al 20% de la superficie total del timón.

Si cada timón tiene una superficie de 0.57 m^2 , la superficie de compensación es 0.114 m^2 . Aplicando esta superficie al timón se tiene que el eje de giro se encuentra a 127 mm del canto de proa del timón.

6.5. Escantillonado del timón

El escantillonado del timón como de la mecha se hecho directamente con el programa Special Service Craft. En el ANX-4 se puede ver al detalle este cálculo.



6.6. Geometría del timón

En el siguiente croquis se expone la geometría del timón.

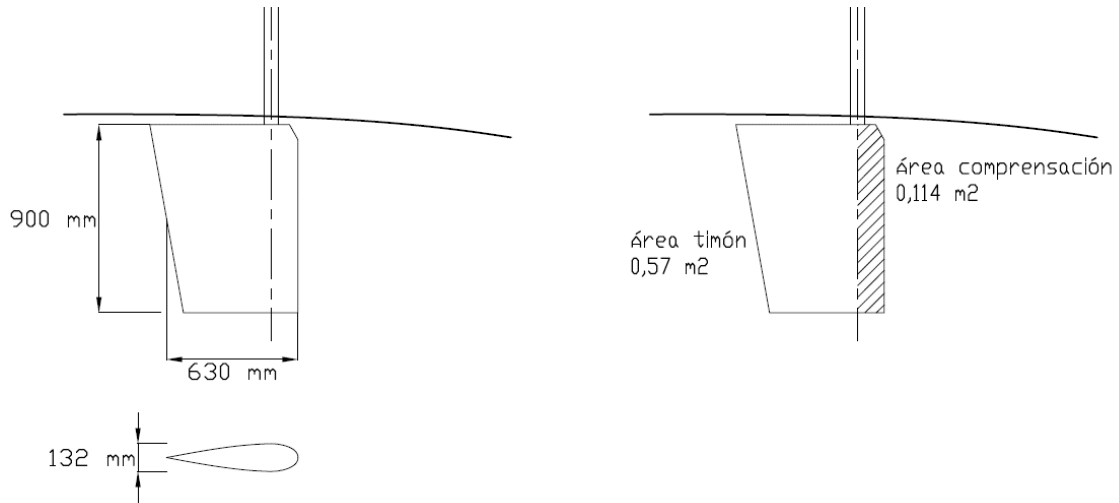


Figura 12 - Geometría del timón



7. POTENCIA DEL SERVOMOTOR

Para el cálculo de la potencia del servomotor se necesita obtener el par requerido por el timón y la velocidad angular a la que debe girar el timón.

7.1. Geometría del timón

El servo debe tener la capacidad de poder girar el timón de 35 grados a 30 grados en menos de 28 segundos.

Lo que se traduce como mínimo en una velocidad angular de:

$$w = \frac{(35 + 30) \times \frac{\pi}{180}}{28}$$

$$w = 0.041 \text{ rad/s}$$

7.2. Par del timón

Para obtener el par del timón se debe calcular la fuerza que se produce en el centro de presiones de la pala según el reglamento en la Part. 3, Cap. 3, Sec. 2 se puede estimar como:

$$P_L = \left(\frac{f_p}{0.248} \right)^3 \frac{(V + 3)^2 A_T f_R f_\theta}{10} \text{ (KN)}$$

- *Donde,
- f_p = Coeficiente de posición del timón, 0.248.
 - f_R = Coeficiente de perfil del timón, 1.
 - f_θ = Coeficiente de ángulo, para 35° es 1.
 - V = Velocidad máxima en nudos, según cálculos 26 nudos.

Se obtiene que:

$$P_L = 47.94 \text{ kN}$$

Además, también se necesita la posición del centro de presiones en el eje de abscisas, según el reglamento en la Part. 3, Cap. 3, Sec. 2 se puede estimar como:

$$x_{PF} = (0,33 \times e \times X_B - x_L)$$

- *Donde,
- e = Factor de formas, para barcos de menos de 65 m, es 1.
 - X_B = Manga del timón, 0.63 m.
 - X_L = Distancia del canto de proa del timón a la mecha, 0.127 m.

$$x_{PF} = 0.081 \text{ metros del eje del timón}$$

Por los que el par de la mecha es:

$$Q = P_L \times x_{PF}$$

$$Q = 3.88 \text{ kN} \times m$$



7.3. Potencia del servomotor

Con el par y la velocidad de giro del timón, se puede calcular la potencia necesaria que debe aportar el servomotor.

Se tiene que tener en cuenta que para este cálculo también interfieren las bombas que actúan sobre el timón. Se presupone un rendimiento del 65% de las bombas.

$$P_{SERVO} = \frac{Q \times w}{\eta}$$

$$P_{SERVO} = 0.25 \text{ kW}$$



8. CALCULO DE LA HELICE DE MANIOBRA

Para el cálculo de la hélice de maniobra se requiere unas consideraciones previas:

- La hélice de maniobra siempre tiene que estar situada detrás del mamparo de colisión.
- El diámetro del túnel debe ser entre 1-2 veces el diámetro de la hélice de maniobra.
- Se debe dejar una distancia de un diámetro como mínimo tanto desde el calado, como desde el fondo.

En el catamarán de pasaje se va a disponer la hélice de maniobra en un solo casco para reducir la resistencia. Teniendo en cuenta las consideraciones anteriores, la hélice tiene un diámetro de 300 mm y el hueco de la hélice de maniobra es de 300 mm.

Aplicando el método de cálculo del 'El proyecto básico del buque mercante' para ferrys y buques de pasaje se le aplican valores entre de 4 y 14 kg/m² a la superficie lateral de la embarcación. Teniendo en cuenta que la embarcación tiene dos cascos y solo dos cubiertas de obra viva, se aplica 10 kg/m² o 0.098 kN/m².

Los empujadores de hélice en un túnel transversal tienen un valor medio de 11 kg/ HP.

El empuje correspondiente por lo tanto es:

$$\text{Empuje} = F \times L \times T$$

$$\text{Empuje} = 0.098 \times 32.00 \times 1.195$$

$$\text{Empuje} = 3.74 \text{ kN } (381.37 \text{ kg})$$

Con el valor medio de 11 kg por HP se, se tiene que la hélice de maniobra debe tener una potencia necesaria de 34.67 HP o 25.85 kW de potencia.

Si el motor eléctrico tiene un rendimiento del 95%, se tiene entonces que la potencia necesaria es:

$$P_{\text{Helice Maniobra}} = 27,1 \text{ kW}$$

La especificación de la hélice de maniobra se puede ver en el ANX-5



9. BIBLIOGRAFIA

1. Resolución MSC.97(73) "Código Internacional de Seguridad para Naves de Gran Velocidad", diciembre 2000.
2. Lloyd's Register: "Rules and Regulations for the Classification of Special Service Craft". Julio 2019.
3. Alonso Pardo Bienvenido "Apuntes Hidrodinámica Naval y Avanzada" Universidad Politécnica de Cartagena (2019).
4. Vicus Desarrollos Tecnológicos: "Optimización de formas en catamarán", obtenido en: <https://vicsudt.com>
5. Alonso Pardo Bienvenido "Apuntes Hidrodinámica Naval y Avanzada" Universidad Politécnica de Cartagena (2019).
6. J. Holtrop: "A Statistical Re-Analysis of Resistance and Propulsion Data", 1984.
7. Caterpillar: "Guía de aplicación e instalación marina", 1989.
8. Terrados Valderas Marina, Zorzo Benito Alejandro: "Ferry Pasaje, Proyecto nº 1575"



ANEXOS



ANEXO 1

Estimación de la potencia de remolque en mar llana por HOLTROP



PREDICCIÓN POTENCIA DE REMOLQUE

(Método de Holtrop 1984)

Buque: **TFM**

DATOS DE ENTRADA:

Velocidad =	24,0 kn	(	12,346 m/s)		
Viscosidad =	1,1888E-06				
Densidad =	104,5 kg-f/m ³				
Gravedad =	9,81 m/s ²				
Lwl =	33,14 m	CP =	0,778		
Lcarena =	34 m	lcb =	-1,590 m	(	-4,7978 %)
B =	3,00 m	CM =	0,847		
T =	1,195 m	CB =	0,655		
		AFLT =	69,87 m ²	CWP =	0,8240
Desplaz =	66,20 t	ABT =	0,00 m ²		
Vol. carena =	64,58 m ³	TF =	1,20 m		
		hB =	0,00 m		
		AT =	1,22 m ²		
		Semiáng, iE =	8,00 °	iE extrapolado =	16,98 °
		TA =	1,20 m		
Altura obra muerta del casco =	2,50 m				
Altura superestructura por encima pantalla casco =	5,20 m, S/E ₁			0 m, S/E ₂	
Manga promedio de la superestructura =	4,94 m, S/E ₁			0 m, S/E ₂	

CALCULO DE RESISTENCIA AL REMOLQUE (En mar llana):

$$R_{\text{total}} = R_{\text{HOLTROP}} + R_{\text{OTROS}} + R_{\text{VTO}}$$

con $R_{\text{HOLTROP}} = R_F(1+k_1) + R_{\text{APP}} + R_W + R_B + R_{\text{TR}} + R_A$

<u>$R_F(1+k_1)$:</u>		LR =	3,843 m
		c12 =	0,48895
1+k1 =	1,16801	Cstern =	-8
		c14 =	0,91200
CF =	1,7493E-03	Smojada =	130,90 m ²
		Re =	3,5309E+08
Resistencia por fricción, $R_F(1+k_1)$ =	2.129,9 kg		

<u>R_{APP} :</u>	1+k2	1+k2	Si	(1+k2) Si
Timón detrás de skeg	1.5 - 2.0			0,00
Timón detrás de codaste	1.3 - 1.5			0,00
Timones compensados para dos hélices	2.8	2,8	0,61	1,71
Arbotantes de eje	3.0	3,0	0,30	0,90
Skeg	1.5 - 2.0			0,00
Núcleos de arbotante	3.0	3,0	0,01	0,03
Enchimientos del casco	2.0			0,00
Ejes	2.0 - 4.0	3,0	0,20	0,60
Aletas estabilizadoras	2.8			0,00
Domo	2.7			0,00
Quillas de balance	1.4			0,00
	(1+k2)eq =	2,89107	1,12	3,24
	CBTO	CBTO	Diámetro	
Túnel hélice de proa	0.003 - 0.012	0,007	0,40	

Resistencia de apéndices, R_{APP} = 101,1 kg

R_W :

C1 =	0,35192
C2 =	1,00000
C3 =	0,00000
C5 =	0,67858
C7 =	0,10308
λ =	0,79359
m1 =	-1,43815
m3 =	-1,88167
m4 =	-0,56294
C15 =	-1,79456
C16 =	1,18146
C17 =	0,56645
d =	-0,90000
Fn =	0,68470
RW-A(Fn=0.40)	517,9
RW-B(Fn=0.55)	1653,6

Resistencia por formación de olas, R_W = 1.932,9 kgR_{BLB} :

PB =	0,00000
Fni =	2,09927

Resistencia por bulbo en superficie, R_{BLB} = 0,0 kgR_{TR} :

C6 =	0,00000
FnT =	5,90277

Resistencia por inmersión espejo, R_{TR} = 0,0 kgR_A :Rugosidad = 500 μ m

C4 =	0,03606
CA std =	6,9780E-04
σ CA =	8,5766E-04
CA =	1,5555E-03

Resistencia por correlación modelo - buque, R_A = 1.621,5 kgTOTALES RESISTENCIA :

Resistencia hidrodinámica del casco R _{HYDR} =	5.785,5 kg
Resistencia aerodinámica del buque, R _{WIND} =	293,0 kg

RESISTENCIA TOTAL ESPERADA = 6.078 kg

CALCULO DE LA POTENCIA:

POTENCIA TOTAL ESPERADA = 1.001 EHP



ANEXO 2

Especificación técnica de los motores principales



CUMMINS INC.
Columbus, IN 47201
Marine Performance Curves

Basic Engine Model
QSK60-M

Curve Number:
M-6769

Engine Configuration
D593009MX03

CPL Code:
3477

Date:
4-Mar-14

Displacement: **60.2 liter [3672 in³]**
Bore: **159 mm [6.25 in]**
Stroke: **190 mm [7.48 in]**
Cylinders: **16**
Fuel System: **Modular Common Rail (MCRS) with C3.0 Injectors**

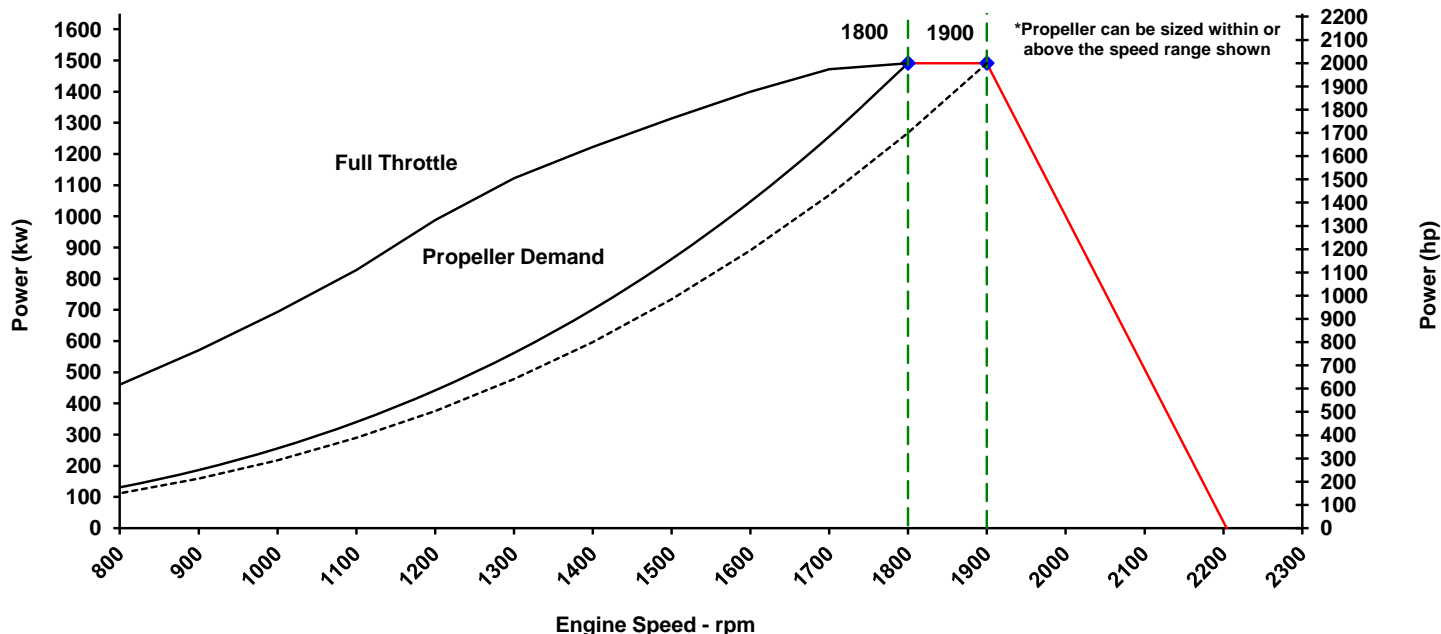
Rated: **1491 kw [2000 bhp]**
Rated: **1800 rpm**
Rating Type: **Continuous Duty**
Aspiration: **Turbocharged / Low Temp. Aftercooler**

CERTIFIED: This diesel engine complies with or is certified to the following agencies requirements:

IMO Tier II (Two) NOx requirements of International Maritime Organization (IMO), MARPOL 73/78 Annex VI, Regulation 13

EU Stage IIIa - EC Nonroad Mobile Machinery Directive (2004/26/EC)

EPA Tier 2 - Model year requirements of the EPA marine regulation (40CFR94)



Speed	Full Throttle				Propeller Demand						
	Power		Torque		Power		Torque		Fuel Consumption		
	rpm	kw	(hp)	N·m	(ft·lb)	kw	(hp)	N·m	(ft·lb)	L/hr	(gal/hr)
1900	1492	(2000)	7496	(5529)							
1800	1492	(2000)	7912	(5836)	1491	(2000.0)	7912	(5835.6)	376.8	(99.5)	
1700	1472	(1974)	8270	(6100)	1256	(1684.8)	7057	(5205.2)	308.9	(81.6)	
1600	1400	(1878)	8356	(6163)	1047	(1404.7)	6251	(4610.8)	258.4	(68.3)	
1500	1314	(1762)	8364	(6169)	863	(1157.4)	5494	(4052.5)	225.3	(59.5)	
1400	1222	(1639)	8338	(6150)	702	(941.0)	4786	(3530.2)	183.8	(48.6)	
1300	1123	(1505)	8246	(6082)	562	(753.4)	4127	(3043.9)	143.1	(37.8)	
1200	988	(1325)	7864	(5800)	442	(592.6)	3516	(2593.6)	113.4	(30.0)	
1100	828	(1110)	7186	(5300)	340	(456.4)	2955	(2179.3)	91.1	(24.1)	
1000	694	(931)	6626	(4887)	256	(342.9)	2442	(1801.1)	67.3	(17.8)	
900	571	(766)	6058	(4469)	186	(250.0)	1978	(1458.9)	49.2	(13.0)	
800	460	(617)	5491	(4050)	131	(175.6)	1563	(1152.7)	35.7	(9.4)	
700	375	(503)	5118	(3775)	88	(117.6)	1197	(882.5)	23.7	(6.3)	

*** Cummins Full Throttle Requirements:**

- Engine achieves or exceeds rated rpm at full throttle under any steady operating condition
- Engines in variable displacement boats (such as pushboats, tugboats, net dragners, etc.) achieve no less than 100 rpm below rated speed at full throttle during a dead push or bollard pull
- Engine achieves or exceeds rated rpm when accelerating from idle to full throttle

Rated Conditions: Ratings are based upon ISO 15550 reference conditions; air pressure of 100 kPa [29.612 in Hg], air temperature 25deg. C [77 deg. F] and 30% relative humidity. Member NMMA. Unless otherwise specified, tolerance on all values is +/-5%. Values from engine control modules and displayed on instrument panels are not absolute. Tolerance varies, but is generally less than +/-5% when operating within 30% of rated power.

Full Throttle curve represents power at the crankshaft for mature gross engine performance corrected in accordance with ISO 15550. Propeller Curve represents approximate power demand from a typical propeller. Propeller Shaft Power is approximately 3% less than rated crankshaft power after typical reverse/reduction gear losses and may vary depending on the type of gear or propulsion system used.

Fuel Consumption is based on fuel of 35 deg. API gravity at 16 deg C [60 deg. F] having LHV of 42,780 kJ/kg [18390 Btu/lb] and weighing 838.9 g/liter [7.001 lb/U.S. gal].

Continuous Rating (CON): Intended for continuous use in applications requiring uninterrupted service at full power. This rating is an ISO 15550 standard power rating.

Michael A. Jensen

CHIEF ENGINEER

Propulsion Marine Engine Performance Data

Curve No. M-6769
DS : D59-MX-1
CPL : 3477
DATE: 4-Mar-14

General Engine Data

Engine Model	QSK60-M
Rating Type	Continuous Duty
Rated Engine Power	1491 [2000]
Rated Engine Speed	1800
Rated Power Production Tolerance	3
Rated Engine Torque	7912 [5836]
Peak Engine Torque @ 1500 rpm.....	8364 [6169]
Brake Mean Effective Pressure	1652 [240]
Indicated Mean Effective Pressure.....	N.A. [N.A.]
Maximum Allowable Engine Speed	2250

Maximum Continuous Torque Capacity from Front of Crank Specifications

Maximum Torque Capacity from Front of Crank ²	6527 [4814]
Compression Ratio	14.5
Piston Speed	11.4 [2244]
Firing Order	2-1-6-5-4-3-10-7-16-15-12-11-14-13-8-9
Weight (Dry) - Engine Only - Average	8754 [19300]
Weight (Dry) - Engine With Heat Exchanger System - Average.....	9136 [20142]
Weight Tolerance (Dry) Engine Only	N.A.

Governor Settings

Default Droop Value.....	Refer to MAB 2.04.00-03/23/2006 for Droop explanation	16%
Minimum Droop Allowed.....		0%
Maximum Droop Allowed.....		16%
High Speed Governor Break Point.....		1900
Minimum Idle Speed Setting		650
Normal Idle Speed Variation		15
High Idle Speed Range Minimum		1900
Maximum		2204

Noise and Vibration

Average Noise Level - Top	(Idle)..	dBA @ 1m	N/A
	(Rated)	dBA @ 1m	106
Average Noise Level - Right Side	(Idle)..	dBA @ 1m	N/A
	(Rated)	dBA @ 1m	105
Average Noise Level - Left Side	(Idle)..	dBA @ 1m	N/A
	(Rated)	dBA @ 1m	105
Average Noise Level - Front	(Idle)..	dBA @ 1m	N/A
	(Rated)	dBA @ 1m	102

Fuel System¹

Avg. Fuel Consumption - ISO 8178 E3 Standard Test Cycle	257.5 [68.0]
Fuel Consumption at Rated Speed	376.8 [99.5]
Approximate Fuel Flow to Pump	855.5 [226.0]
Maximum Allowable Fuel Supply to Pump Temperature	60.0 [140]
Approximate Fuel Flow Return to Tank	478.7 [126.5]
Approximate Fuel Return to Tank Temperature	60.0 [140]
Maximum Heat Rejection to Drain Fuel	4.9 [279]
Fuel Pressure - Pump Out/Rail . Mechanical Gauge	132000 [19145]

TBD= To Be Determined

N/A = Not Applicable

N.A. = Not Available

¹ Unless otherwise specified, all data is at rated power conditions and can vary $\pm 5\%$.

² No rear loads can be applied when the FPTO is fully loaded. Max PTO torque is contingent on torsional analysis results for the specific drive system. Consult Installation Direction Booklet for Limitations.

³ Heat rejection to coolant values are based on 50% water/50% ethylene glycol mix and do NOT include fouling factors. If sourcing your own cooler, a service fouling factor should be applied according to the cooler manufacturer's recommendation.

⁴ Consult option notes for flow specifications of optional Cummins seawater pumps, if applicable.

⁵ May not be at rated load and speed. Maximum heat rejection may occur at other than rated conditions.

CUMMINS ENGINE COMPANY, INC

COLUMBUS, INDIANA

All Data is Subject to Change Without Notice - Consult the following Cummins intranet site for most recent data:

<http://marine.cummins.com>

Propulsion Marine Engine Performance Data

Curve No. M-6769
DS : D59-MX-1
CPL : 3477
DATE: 4-Mar-14

Air System¹

Intake Manifold Pressure	kPa [in Hg]	259 [77]
Intake Air Flow	l/sec [cfm]	2592 [5492]
Heat Rejection to Ambient	kW [Btu/min]	65 [3715]

Exhaust System¹

Exhaust Gas Flow	l/sec [cfm]	5474 [11599]
Exhaust Gas Temperature (Turbine Out)	°C [°F]	373 [702]
Exhaust Gas Temperature (Manifold)	°C [°F]	544 [1010]

Emissions (in accordance with ISO 8178 Cycle E3)

NOx (Oxides of Nitrogen)	g/kw-hr [g/hp-hr]	6.62 [4.93]
HC (Hydrocarbons)	g/kw-hr [g/hp-hr]	0.21 [0.16]
CO (Carbon Monoxide)	g/kw-hr [g/hp-hr]	0.38 [0.29]
PM (Particulate Matter)	g/kw-hr [g/hp-hr]	0.05 [0.04]

Emissions (in accordance with ISO 8178 Cycle E2)

NOx (Oxides of Nitrogen)	g/kw-hr [g/hp-hr]	6.25 [4.66]
HC (Hydrocarbons)	g/kw-hr [g/hp-hr]	0.24 [0.18]
CO (Carbon Monoxide)	g/kw-hr [g/hp-hr]	0.61 [0.45]
PM (Particulate Matter)	g/kw-hr [g/hp-hr]	0.08 [0.06]

Cooling System¹

Sea Water Pump Specifications	MAB 0.08.17-07/16/2001	
Pressure Cap Rating (With Heat Exchanger Option)	kPa [psi]	103 [15]

Engines with Low Temperature Aftercooling (LTA)

Two Loop LTA

Main Engine Circuit

Coolant Flow to Main Cooler (with blocked open thermostat).....	l/min [gal/min]	1654 [437]
Standard Thermostat Operating Range	Start to open.....°C [°F]	82 [180]
	Full open.....°C [°F]	95 [202]
Heat Rejection to Engine Coolant ³	kW [Btu/min]	489 [27840]

Aftercooler (LTA) Circuit

Coolant Flow to LTA Cooler (with blocked open thermostat).....	l/min [gal/min]	511 [135]
LTA Thermostat Operating Range	Start to open.....°C [°F]	46 [115]
	Full open.....°C [°F]	57 [135]
Heat Rejection to Engine Coolant ³	kW [Btu/min]	425 [24217]
Maximum Coolant Inlet Temperature from LTA Cooler.....	°C [°F]	49 [120]

TBD= To Be Determined

N/A = Not Applicable

N.A. = Not Available

¹ Unless otherwise specified, all data is at rated power conditions and can vary ± 5%.

² No rear loads can be applied when the FPTO is fully loaded. Max PTO torque is contingent on torsional analysis results for the specific drive system. Consult Installation Direction Booklet for Limitations.

³ Heat rejection to coolant values are based on 50% water/50% ethylene glycol mix and do NOT include fouling factors. If sourcing your own cooler, a service fouling factor should be applied according to the cooler manufacturer's recommendation.

⁴ Consult option notes for flow specifications of optional Cummins seawater pumps, if applicable.

⁵ May not be at rated load and speed. Maximum heat rejection may occur at other than rated conditions.

CUMMINS ENGINE COMPANY, INC

COLUMBUS, INDIANA

All Data is Subject to Change Without Notice - Consult the following Cummins intranet site for most recent data:

<http://marine.cummins.com>



ANEXO 3

Cálculo sistemático de la elección de los timones



Cuaderno 7 – Cálculo de la potencia propulsora

h/H	λ	E	δs
0.788	2.05	0.15	19.0
0.774	1.97	0.15	19.0
0.759	1.90	0.15	18.9
0.745	1.83	0.15	18.8
0.730	1.75	0.15	18.7
0.715	1.68	0.15	18.7
0.701	1.62	0.15	18.6
0.686	1.55	0.15	18.6
0.672	1.48	0.15	18.5
0.657	1.42	0.15	18.5

h/H	λ	E	δs
0.788	2.05	0.18	21.0
0.774	1.97	0.18	20.9
0.759	1.90	0.18	20.8
0.745	1.83	0.18	20.7
0.730	1.75	0.18	20.7
0.715	1.68	0.18	20.6
0.701	1.62	0.18	20.5
0.686	1.55	0.18	20.5
0.672	1.48	0.18	20.4
0.657	1.42	0.18	20.4

h/H	λ	E	δs
0.788	2.05	0.21	22.9
0.774	1.97	0.21	22.8
0.759	1.90	0.21	22.7
0.745	1.83	0.21	22.7
0.730	1.75	0.21	22.6
0.715	1.68	0.21	22.5
0.701	1.62	0.21	22.4
0.686	1.55	0.21	22.4
0.672	1.48	0.21	22.3
0.657	1.42	0.21	22.3

h/H	λ	E	δs
0.788	2.05	0.16	19.7
0.774	1.97	0.16	19.6
0.759	1.90	0.16	19.5
0.745	1.83	0.16	19.4
0.730	1.75	0.16	19.4
0.715	1.68	0.16	19.3
0.701	1.62	0.16	19.3
0.686	1.55	0.16	19.2
0.672	1.48	0.16	19.2
0.657	1.42	0.16	19.1

h/H	λ	E	δs
0.788	2.05	0.19	21.6
0.774	1.97	0.19	21.5
0.759	1.90	0.19	21.5
0.745	1.83	0.19	21.4
0.730	1.75	0.19	21.3
0.715	1.68	0.19	21.2
0.701	1.62	0.19	21.2
0.686	1.55	0.19	21.1
0.672	1.48	0.19	21.1
0.657	1.42	0.19	21.0

h/H	λ	E	δs
0.788	2.05	0.22	23.6
0.774	1.97	0.22	23.5
0.759	1.90	0.22	23.4
0.745	1.83	0.22	23.3
0.730	1.75	0.22	23.2
0.715	1.68	0.22	23.1
0.701	1.62	0.22	23.1
0.686	1.55	0.22	23.0
0.672	1.48	0.22	23.0
0.657	1.42	0.22	22.9

h/H	λ	E	δs
0.788	2.05	0.17	20.3
0.774	1.97	0.17	20.2
0.759	1.90	0.17	20.2
0.745	1.83	0.17	20.1
0.730	1.75	0.17	20.0
0.715	1.68	0.17	20.0
0.701	1.62	0.17	19.9
0.686	1.55	0.17	19.8
0.672	1.48	0.17	19.8
0.657	1.42	0.17	19.8

h/H	λ	E	δs
0.788	2.05	0.2	22.3
0.774	1.97	0.2	22.2
0.759	1.90	0.2	22.1
0.745	1.83	0.2	22.0
0.730	1.75	0.2	21.9
0.715	1.68	0.2	21.9
0.701	1.62	0.2	21.8
0.686	1.55	0.2	21.7
0.672	1.48	0.2	21.7
0.657	1.42	0.2	21.7

h/H	λ	E	δs
0.788	2.05	0.23	24.2
0.774	1.97	0.23	24.1
0.759	1.90	0.23	24.0
0.745	1.83	0.23	23.9
0.730	1.75	0.23	23.9
0.715	1.68	0.23	23.8
0.701	1.62	0.23	23.7
0.686	1.55	0.23	23.7
0.672	1.48	0.23	23.6
0.657	1.42	0.23	23.6



ANEXO 4

Cálculo escantillonado timón



MATERIALES

Acero naval para el timón

Property	Units	Entered
High tensile steel factor, k_s		1.000
Modulus of Elasticity	N/mm ²	200000.000
Yield Stress	N/mm ²	235.000
Structure efficiency factor		1.000
Ultimate Tensile Strength	N/mm ²	400.000
Steel Type		Mild
Poisson's ratio		0.300
Density	kg/m ³	7850.000
Display colour		255

Acero inoxidable duplex para la mecha del timón

Property	Units	Entered
Yield Stress (0.2% proof)	N/mm ²	450.000
Ultimate Tensile Strength	N/mm ²	620.000
Modulus of Elasticity	N/mm ²	209000.000

DEFINICION DEL TIMON

Datos generales

Property	Units	Entered
Rudder Type		b
Rudder Profile		Normal
Rudder Profile Coefficient Ahead		1.000
Rudder Profile Coefficient Astern		0.970
Rudder location		Behind a propeller
Is Rudder A Bow Rudder		No
Rudder Position Coefficient Ahead		0.248
Rudder Position Coefficient Astern		0.185
Rudder Speed Coefficient		0.980
Number Of Pintles		0
Area 1	m ²	0.000
Area 2	m ²	0.567
Vertical Dimension y1	m	0.082
Vertical Dimension y2	m	0.900
Vertical Dimension y3	m	0.000
Pintle Arrangement Coefficient		-0.046



Geometría del timón

Property	Units	Entered
<i>Rectangular rudder?</i>		Yes
<i>Rudder breadth</i>	m	0.630
<i>Rudder height</i>	m	0.900
<i>Rudder Area</i>	m ²	0.567
<i>Hull Form Factor</i>		1.000
<i>Distance from leading edge to stock centreline</i>	m	0.127
<i>Distance from after edge to stock centreline</i>	m	0.503
<i>Distance From Stock Centreline To COP Ahead</i>	m	0.081
<i>Distance From Stock Centreline To COP Astern</i>	m	0.346

PROPIEDADES MECANICAS

Propiedades de la mecha del timón

Property	Units	Entered	Required
<i>Length Coefficient, f_c</i>		79.000	
<i>Stress Coefficient</i>		0.750	
<i>Minimum Yield Stress</i>	N/mm ²	450.000	
<i>Ultimate Tensile Stress</i>	N/mm ²	620.000	
<i>Internal diameter of stock</i>	mm	0.000	
<i>Internal diameter of tiller</i>	mm	0.000	
<i>Effective diameter of stock</i>	mm	70.000	
<i>Effective diameter of tiller</i>	mm	70.000	
<i>Basic Stock Diameter</i>	mm	70.000	68.658
<i>Diameter in way of tiller</i>	mm	70.000	68.034
<i>Lateral force on rudder acting at centre of pressure</i>	kN	0.000	54.489

Propiedades timón de doble plancha

Plancha lateral

Property	Units	Entered	Required
<i>Plate aspect ratio</i>		0.700	
<i>Material</i>		mild steel	
<i>Material Coefficient</i>		1.000	
<i>Plate thickness</i>	mm	3.000	2.673
<i>Plate height</i>	m	0.900	
<i>Plate width</i>	m	0.630	
<i>Vertical spacing</i>	mm	0.450	

Refuerzos

Property	Units	Entered	Required
Plate aspect ratio		0.500	
Material		mild steel	
Material Coefficient		1.000	
Plate thickness	mm	3.000	2.673
Plate height	m	0.000	
Plate width	m	0.000	

Plancha superior

Property	Units	Entered	Required
Plate aspect ratio		0.200	
Material		mild steel	
Material Coefficient		1.000	
Plate thickness	mm	5.000	4.673
Plate height	m	0.900	
Plate width	m	0.114	

Plancha inferior

Property	Units	Entered	Required
Plate aspect ratio		0.200	
Material		mild steel	
Material Coefficient		1.000	
Plate thickness	mm	5.000	4.673
Plate height	m	0.000	
Plate width	m	0.114	

Plancha de ataque

Property	Units	Entered	Required
Nose plate thickness	mm	5.000	4.673



ANEXO 5

Especificación técnica de la hélice de maniobra

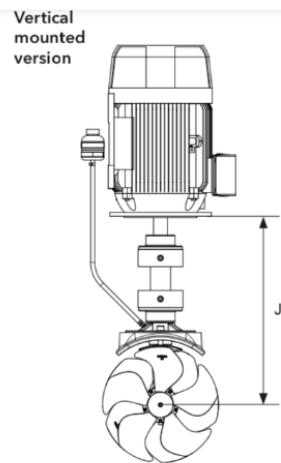
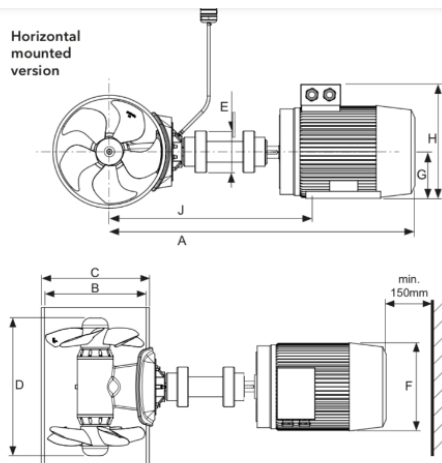
AC Thruster ø300mm 400V L.H

400kg Vert.inst. Low Harmonic. Bronze props



Thrust, continuous (kg • lbs)	400 • 882
Thrust, max (kg • lbs)	-
Typical boat size (ft • m)	18' - 33' • 59 - 108
Tunneldiameter - innvendig (mm • in)	300 • 11.8"
Motor output (kW • hp)	30 • 41
Voltage range, 3-Phase supply (V)	208 - 240 / 380 - 440
Weight (kg • lbs)	111 • 244.7
Item Code	SAC400/300-C-4L-V

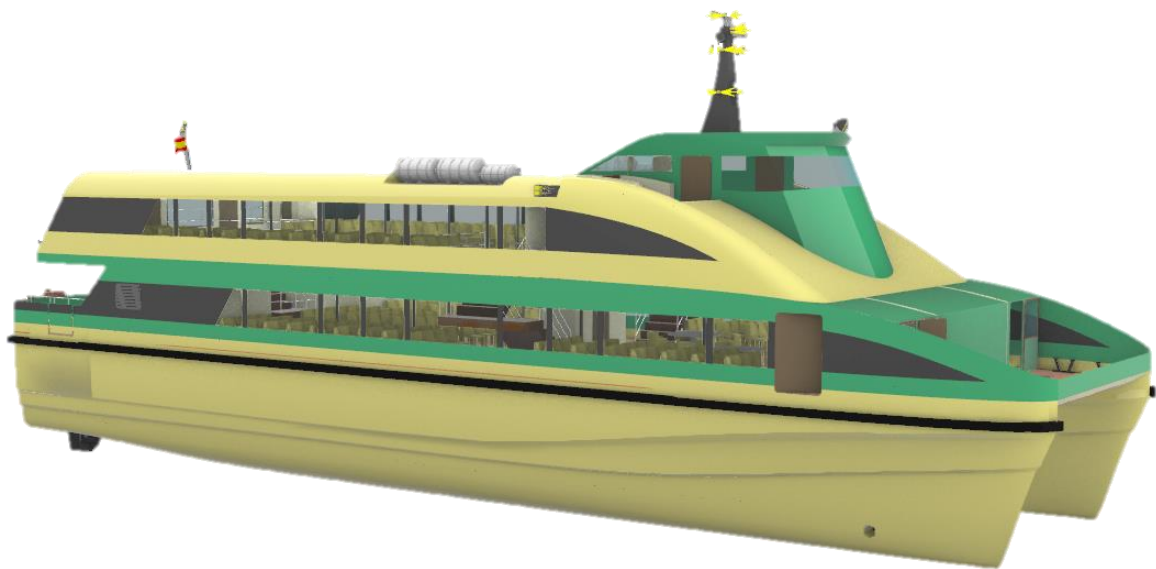
* Max thrust is available until motor temperature will reduce performance to continuous thrust rating.



	A mm	B mm	C mm	D mm	E mm	F mm	G mm	H mm	J mm	¹ Weight kg
SAC400/300	934	300	320	371	120	313	160	397	439	111

CUADERNO 8

PLANTA PROPULSORA Y CAMARA DE MAQUINAS



Autor: Luis Rodríguez Ramos

Tutor: Leandro Ruiz Peñalver



INDICE

1. Especificaciones.....	1
2. Introducción	2
3. Equipo propulsor	3
3.1. Motor principal.....	3
3.2. Reductora	4
3.3. Líneas de ejes	6
3.4. Bocina	6
4. Servicio de la cámara de máquinas	7
4.1. Servicio de combustible	7
4.2. Servicio de lubricación	9
4.3 servicio de refrigeración.....	10
4.4. Servicio de ventilación.....	11
4.5. Servicio de exhaustación.....	12
5. Motor auxiliar.....	14
6. Separador aguas oleosas.....	15
7. Bibliografía	16
ANEXOS	17
ANEXO 1 - Especificación técnica de las reductoras	
ANEXO 2 - Especificación técnica de los motores auxiliares	
ANEXO 3 - Especificación técnica de los grupos separadores de aguas oleosas	



INDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Disposición general del motor principal 4

Figura 2 - Diagrama rpm - HP 5

Figura 3 - Disposición general de la reductora..... 5

Figura 4 - Vista motor auxiliar 14

Figura 5 - Vista del separador de sentina..... 15

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 - Características de la reductora..... 5

Tabla 2 - Características motor auxiliar..... 14



1. ESPECIFICACIONES

- Clasificación: Lloyds Register
- Pasajeros: 300
- Velocidad crucero: 24 nudos
- Autonomía: 450 millas náuticas
- Material constructivo: GRP
- Aspectos adicionales: Estudio por elementos finitos de los elementos estructurales más importantes.



2. INTRODUCCION

Con el propulsor seleccionado, el siguiente paso es completar los equipos y servicios que conforman la cámara de máquinas de la embarcación. Estos equipos y servicios son la refrigeración, la ventilación, el estudio de los grupos generadores que equipa la embarcación. Además, de otros sistemas secundarios pero esenciales para el funcionamiento correcto de la embarcación.



3. EQUIPO PROPULSOR

La elección del tipo de planta propulsora ha sido escogida a lo largo del proyecto. Llegados a este punto de este, se ha definido el motor principal, la relación de reducción y la hélice. Si bien, todavía se deben definir ciertas características que aún no se han desarrollado lo suficiente. Además, se han de definir las líneas de ejes y las bocinas.

3.1. Motor principal

Como ya se ha definido en el cuaderno 7, los motores principales del catamarán son motores Diesel marinos CUMMINS, modelo QSK60-M. Estos motores han sido escogidos debido a su excelente relación potencia/peso. Se han estudiados distintas alternativas de motores de marcas comerciales como MAN y Caterpillar pero ambas alternativas con pesos bastantes superiores. Entre todas las características, se ha primado especialmente el peso, pues como se vio en el cuaderno 5 de arquitectura naval, la embarcación tiene un trimado apopante debido al sobrepeso en la zona de popa. Con el objetivo de no aumentar más este trimado, se ha optado por los motores más ligeros, cuyas principales características son:

- Tipo de motor: 4 tiempos e inyección directa. El diseño se basa en un bloque motor robusto para un funcionamiento continuo y una vida útil prolongada. El pistón ha sido fabricado en hierro dúctil de una sola pieza para una mayor durabilidad.
- Refrigeración: Bomba agua dulce, bomba de agua de mar, tanque de expansión e intercambiador de calor de placas de titanio montado en el motor para proporcionar una alta durabilidad al mínimo mantenimiento.
- Lubricación: Manómetro de aceite, válvula centinela, respirar de carter, filtros de aceite, bomba de aceite impulsada por engranajes. Además, el arrancador de pre-lubricación protege el motor de daños debido a arranques en seco.
- Inyección: Sistema electrónico modular Common Rail con inyectores C 3.0, bomba de cebado y de transferencia de combustible y triple filtro para el combustible. Este sistema proporciona una alta presión de inyección constante e independientemente de la velocidad del motor o la condición de carga. Entre los beneficios destaca el bajo nivel sonoro y de vibración.
- Exhaustación: Consta de un colector de escape seco con protección contra el agua para reducir el consumo de combustible y mejorar el rendimiento.
- Aspiración: Turbocompresores intercooler optimizados para aplicaciones marinas. Consiste en un post-enfriado a baja temperatura, dos bombas y dos circuitos para un funcionamiento eficiente y alto rendimiento.
- Certificaciones: El motor cumple con las regulaciones de emisiones IMO Tier II / III. También cumple con los requisitos de la Asociación Internacional de Sociedades de Clasificación (IACS) y SOLAS.



Las especificaciones de los motores principales se pueden encontrar en el ANX-2 del cuaderno 7.

A continuación, se aprecia un croquis de los motores principales:

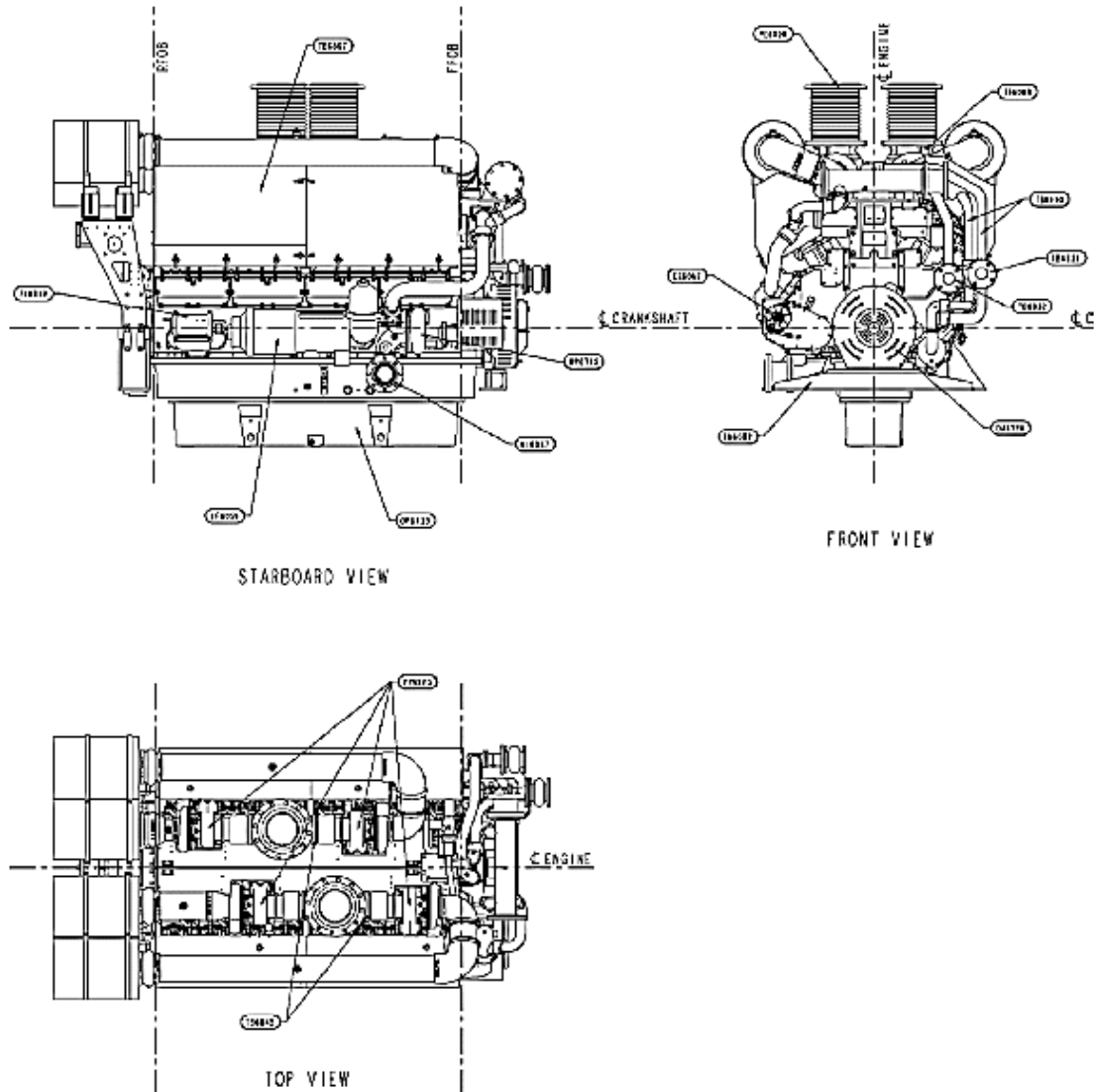


Figura 1 - Disposición general del motor principal

3.2. Reductora

En el cuaderno 7 se estudió la interacción del propulsor, reductora y motor. Se obtuvo que el mayor rendimiento propulsivo se obtenía con una relación de reducción de 2.25.

Teniendo en cuenta, los datos de potencia nominal (2000 BHP) y de revoluciones por minuto (1800). Se tiene que la reductora que más se ajusta a estas especificaciones es de la marca ZF y modelo ZF 7600.

En la siguiente grafica se muestra el diagrama RPM-HP, donde la línea roja representa la relación de reducción de 2.231, siendo esta la más próxima a la relación de reducción perfecta de 2.25 para una reductora de régimen continuo.

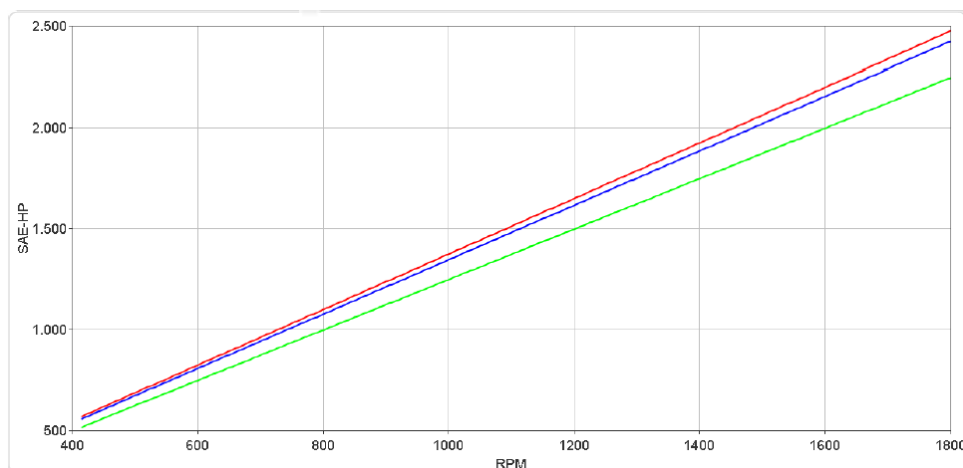


Figura 2 - Diagrama rpm - HP

El cambio en la relación de reducción afecta al rendimiento de del motor y propulsor. Manteniendo las mismas características de la hélice, para obtener el rendimiento óptimo calculado en el cuaderno anterior de $\eta_0 = 0.675$ es necesario reducir las revoluciones del motor a 1727 rpm para la velocidad de 24 nudos al 85% del MCR.

Las características de la reductora son las siguientes:

CARACTERISTICAS GENERALES		
Marca	ZF	
Modelo	7600	
Tipo	Lineal	
Relación reducción	2.231	
Par máximo	9800	Nm
Potencia/RPM	1.026/1.376	kW/Hp
Potencia entrada 1800 rpm	1847/2477	kW/Hp
RPM máximas	1800	rpm

Tabla 1 - Características de la reductora

A continuación, se aprecia un croquis de las reductoras:

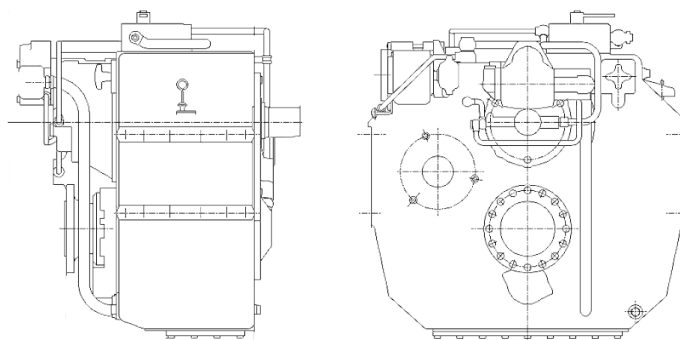


Figura 3 - Disposición general de la reductora

En el ANX-1 se encuentra las especificaciones completas de la reductora:



3.3. Líneas de ejes

La línea de eje cumple con el reglamento SSC del Loyd Register Part. 11, Cap. 2, Sec. 4. Se ha escogido un eje de acero inoxidable tipo Duplex por sus altas prestaciones como la tenacidad, resistencia y baja corrosión. Los aceros inoxidables no necesitan un forro protector, por lo que se emplea la siguiente expresión para calcular el diámetro mínimo del eje.

$$d_{up} = 128A \sqrt[3]{\frac{P}{R}}$$

- *Donde,
- A = Valor asociado al material, 0.49 para aceros Duplex.
 - P = Par máximo que va a recibir el eje en kW, 2000 bhp = 1441.2 kW.
 - R = máximo servicio en rev/min, 806.8.

Siendo el diámetro mínimo del eje:

$$d_{up} = 76.10 \text{ mm}$$

Según los datos obtenidos, se opta por poner un eje de 80 mm de diámetro, cuya tensión de rotura es de 1001 N/mm² perteneciente a un AISI 630.

El diámetro final del eje:

$$d_{up} = 80.00 \text{ mm}$$

3.4. Bocina

La bocina de la embarcación es una parte crítica desde el punto de vista de la estanqueidad. La bocina es de acero y su espesor es elevado para resistir los esfuerzos a los que está sometida.

Como método de fijación se utiliza tirafondos de bronce de gran resistencia y alta capacidad a la corrosión.

Se dispone de casquillos de fundición recubiertos de material antifricción.

El tipo de junta es a través de una brida prensaestopas que se encarga de asegurar la estanqueidad y de soportar los esfuerzos axiales del eje.

Por último, la lubricación de la bocina se realiza mediante agua de mar.



4. SERVICIO DE LA CAMARA DE MAQUINAS

Una vez determinados los elementos principales de sistema de propulsión, se procede al análisis de cada uno de los servicios que se disponen en la sala de máquinas. Estos servicios se combinan con los sistemas propulsivos para un uso óptimo de del conjunto de la cámara de máquinas.

A continuación, se citan los servicios a estudiar:

- Servicio de combustible
- Servicio de lubricación
- Servicio de refrigeración
- Servicio de ventilación
- Servicio de exhaustación

4.1. Servicio de combustible

El sistema de combustible se encarga de proporcionar el suministro que requiere el motor en condiciones óptimas de pureza, temperatura y presión. Principalmente este servicio debe dispone de los medios necesarios de almacenamiento, trasiego, purificación y alimentación. El sistema de combustible está formado por los siguientes elementos principalmente:

- Tanques de combustible
- Bandeja de aguas aceitosas
- Bombas de reserva de alimentación del motor
- Bombas de achique de lodos y aguas aceitosas
- Tomas de combustible
- Filtros
- Tubería de conexiones
- Válvulas
- Atmosféricos
- Sondas

El servicio de combustible debe cumplir en todo momento lo descrito en el reglamento de NVG y en el reglamento de la sociedad de clasificación. Como medidas generales se citan varios aspectos.

- Todas las válvulas y grifos que ser servicio de combustible deben ser fácilmente accesible y operable. Además, todos los equipos del servicio de combustible deben disponer de válvula de cierre para poder ser aislado en cualquier momento del resto de elemento.



- Cuando sea posible, las partes del sistema de combustible que estén a altas temperaturas y supere los 1.8 bares de presión, no se ubicarán en zonas que no sean fácilmente accesible.
- No se transportará aceite lubricante a proa de los espacios públicos ni en alojamiento de la tripulación.
- Las tuberías de aceite lubricante deben ser de acero o material similar. En caso de que sean de otro material y flexibles, deben ser pirorresistentes y aprobadas por la administración.

Tanques de combustible

Como se calculó en las fases iniciales del proyecto, los tanques de combustible tienen una capacidad cada uno de 5.85 m³. Debido a las necesidades de ajuste del trimado del buque, los tanques se han colocado los más a proa posible del pañol número 2.

El combustible se distribuye entre los motores principales que acaparan la mayor parte de este y en menor medida los motores auxiliares.

El tanque de combustible irá provisto de una bandeja de goteo para recoger el combustible que pueda fugarse de dichos tanques.

Bandeja de aguas aceitosas

Este tipo de motores con los últimos avances tecnológicos de alto rendimiento tienen muy poca pérdida de aceite como de agua refrigerante. Como seguridad y limpieza de la cámara de máquinas se dispone una bandeja debajo de cada motor de dimensiones similares al plan de bloque motor para recoger la merma de estas sustancias.

Bomba de reserva de alimentación

La bomba de alimentación del motor viene integrada en el propio bloque motor. En caso de avería de esta bomba, se dispone de la bomba de reserva de alimentación que deberá tener las mismas características de la principal.

Según las especificaciones de motor aportadas por el fabricante se tiene que la bomba tiene un caudal máximo de 0.855 m³/h y una presión de descarga de 1.32 bares. Por lo tanto, la potencia de la bomba es:

$$P_{eje} = \frac{10000 \times Q \times p}{75 \times 3600 \times \eta_m}$$

- *Donde,
- P_{eje} = Potencia del eje.
 - Q = Caudal de la bomba en m³/h
 - p = Presión de descarga en bar.
 - η_m = rendimiento mecánico de la bomba es 0.6.



$$P_{eje} = 0.07 \text{ CV o } 0.05 \text{ kW}$$

Con la potencia del eje de la bomba es posible calcular la potencia que es capaz de absorber la bomba.

$$P_a = 0.735 \times \frac{P_{eje}}{\eta_e} \times C_s$$

*Donde, η_e = Rendimiento eléctrico de la bomba, 0.75.
 C_s = Coeficiente de seguridad de la bomba, 1.25 para este tipo de bomba.

$$P_a = 0.086 \text{ CV o } 0.064 \text{ kW}$$

Bomba de reserva de alimentación

El sistema atmosférico de los tanques de combustible es fundamental para las embarcaciones y cumple dos funciones. La primera de ella es debido a la alta volatilidad del combustible, lo que se debe dar salida a la atmosfera de este producto para evitar la acumulación de gases. La segundo es debido al vacío que se produce si no hay una adecuada circulación de los fluidos.

Para tratar de evitar ambos efectos se incorpora un tubo atmosférico a cada tanque cuya salida se encuentra en la cubierta principal de proa, a una altura de 4.70 metros. Dicha salida tiene forma de cuello de cisne y esta provista de dispositivo antirretorno.

4.2. Servicio de lubricación

Como medidas generales del Código de Naves de Gran Velocidad, el servicio de lubricación debe cumplir las siguientes consideraciones para el almacenamiento, la distribución y el uso de aceites lubricantes para que garanticen la seguridad de la nave y las personas a bordo.

- Cuando sea posible, las partes del sistema de combustible que estén a altas temperaturas y supere los 1.8 bares de presión, no se ubicarán en zonas que no sean fácilmente accesible.
- No se deberá instalar ningún tanque de aceite en un lugar que en caso de fuga se derrame sobre una superficie caldeada.
- Se proveerá lo necesario para evitar presiones, toda válvula de desahogo descargará sobre un lugar seguro.
- Las tuberías de aceite lubricante deben ser de acero o material similar. En caso de que sean de otro material y flexibles, deben ser piroresistentes y aprobadas por la administración.



Los puntos anteriores son consideraciones generales del reglamento. Los motores Cummins de los que dispone la embarcación tienen integrado todo el sistema de lubricación. Esto incluye bombas, depósitos, sistema de refrigeración del aceite, filtro y sensores.

4.3 Servicio de refrigeración

El sistema de refrigeración del motor y de los equipos auxiliares cumple una función vital para un correcto funcionamiento de los equipos del buque. Se debe tener en cuenta la corrosión, la erosión y la cavitación dentro de los sistemas de refrigeración en contacto con el agua, especialmente con el agua salada.

Los sistemas de refrigeración de los equipos marinos, como norma general, se pueden refrigerar por agua de salada y agua dulce. El agua de salada se obtiene por tomas de mar situadas en la sala de máquinas y recorre un circuito abierto, en cambio, el agua dulce se encuentra en un circuito cerrado y es enfriada por el agua salada.

Los motores principales y auxiliares son motores de circuitos cerrados, la refrigeración para este tipo de motores se lleva a cabo mediante líquido refrigerante. Esto es debido porque al pasar el agua salada por los circuitos refrigerantes a altas temperaturas, la sal se deposita en los puntos calientes del circuito formándose con el tiempo costras que disminuyen el paso del refrigerante. El líquido refrigerante y el aceite lubricante recorren todo el bloque motor, la culata y a continuación, recorren cada uno un intercambiador de calor distinto para que sean enfriados por agua salada.

Las reductoras en cambio, solo disponen de aceite lubricante que, además, tiene la función de refrigerante. Como en el caso de los motores principales y auxiliares, el aceite lubricante de la reductora realiza un ciclo cerrado entre la reductora y un intercambiador de calor enfriado por agua de mar.

El tubo de bocina está refrigerado directamente con un ramal de la refrigeración del motor principal.

Cuestiones generales

Los medios de refrigeración provistos serán los adecuados para mantener las temperaturas de todos los fluidos lubricantes e hidráulicos dentro de los límites recomendados por los fabricantes.

Todos los materiales utilizados en la fabricación en el sistema de refrigeración deben tratar de evitar la corrosión como la erosión de los mismos. Para tuberías de acero galvanizado, la velocidad del fluido interior recomendada es de 3 m/s.

Cuando las bombas pueden desarrollar presiones mayores a las de diseño, debe haber una válvula de alivio para limitar la presión a la presión de diseño.

Se debe prever no menos de dos tomas de mar para las bombas que alimentan el sistema de refrigeración, una para la bomba principal y otra para la bomba de reserva. Si bien, las entradas pueden estar conectadas a la misma línea.

En las tuberías donde se utilice agua de mar como refrigerante, deben estar provistas de filtros que puedan limpiar sin interrumpir el suministro de agua de refrigeración.



4.4. Servicio de ventilación

Según la sociedad de clasificación la cámara de máquinas debe estar provista de conductos de ventilación de entrada y salida.

La temperatura en condiciones de operación para lugares cerrados como la cámara de máquinas debe estar entre 0 y 45 grados centígrados.

Las alturas de las entradas y de las salidas de aire deben cumplir con el reglamento francobordo. Para este tipo de embarcaciones las aberturas de toma y salida de aire deben estar como mínimo a 1 metros por encima de la cubierta de francobordo. Como se vio en el cuaderno 5, la entrada de aire se encuentra a 4.70 metros de la línea base.

Los medios de ventilación serán los adecuados para garantizar la seguridad y comodidad del personal y el funcionamiento de las máquinas cualesquiera que sean las condiciones meteorológicas, incluidos los temporales.

Para la ventilación de la cámara de máquinas se tienen que considerar tres aspectos principales.

- Aire de ventilación: El flujo de aire necesario para eliminar el calor irradiado por los motores y otra maquinaria de la cámara de máquinas.
- Aire de combustión: El flujo de aire necesario para quemar combustible en el motor.
- Eliminación de humos del cárter: Los humos del cárter del motor deben ser ingeridos por el motor y conducidos fuera de la cámara de máquinas.

La dirección correcta del aire de ventilación también es un factor clave. Es imposible lograr temperaturas confortables en la cámara de máquinas sin una debida dirección del aire de ventilación.

El aire fresco deberá entrar en la cámara de máquinas lo más lejos posible de las fuentes de calor y por el punto más bajo posible. En cambio, la salida del aire se deberá poner en la parte superior de la cámara de máquinas, preferiblemente sobre el motor principal.

La disposición óptima del flujo de ventilación de la cámara de máquinas es guiar el aire a la parte baja del motor y que este sea evacuado por la parte alta del motor. Un sistema de ventilación debidamente diseñado es aquel que es capaz de mantener la temperatura de la cámara de máquinas 9 grados por encima de a temperatura ambiente.

Cálculo de los ventiladores

Los motores principales a instalar requieren un caudal de aire de 2592 l/s o 9331.2 m³/h cada uno. Los motores auxiliares requieren 615 m³/h de aire cada uno. Según el fabricante este caudal se ha tomado con una temperatura exterior de 25°C y a la presión atmosférica de 1 bar.

Además de lo anterior, se considera que, para poder disipar el calor producido por los motores, se estima como un 2% de la potencia instalada. Siendo esta cantidad 32 kW de más.

Para calcular la cantidad de aire que se necesita para disipar los 32kW, se presupone un salto térmico de 10 °C.

$$m_{aire} \times C_{e_{aire}} \times \Delta T = Q_{Disipar}$$



$$m_{aire} = 11520 \text{ kg/h}$$

Para hallar el volumen del aire se va a utilizar la ecuación de los gases ideales.

$$V = \frac{m \times R \times T}{P}$$

*Donde, P = Presión, 10^5 Pa.
 m = Masa del aire, 11520 kg.
 R = Constante de los gases, 287.
 T = Temperatura, 298 °K.

$$V = 9852.6 \text{ m}^3/\text{h}$$

Las necesidades totales de aire en la cámara de máquinas son:

$$V_{aire} = 9331.2 + 615 + 9852.6 = 19798.8 \text{ m}^3/\text{h}$$

La potencia mínima de los ventiladores a instalar se calcula mediante la siguiente expresión, se ha de tener en cuenta que para un funcionamiento óptimo de los motores, deben trabajar con una sobrepresión, se estima que 40 mmca de presión es suficiente.

$$P_{ventilador} = \frac{V_{aire} \times Sp}{3600 \times \eta}$$

*Donde, V_{aire} = Volumen del aire, m^3/h .
 Sp = Sobre presión de trabajo, $40 \times 9.81 = 392.4$ Pa.
 η = Rendimiento, 0.5.

$$P_{ventilador} = 4316.14 \text{ kW}$$

4.5. Servicio de exhaustación

El sistema de escape conduce los gases de escape del motor fuera de la cámara de máquinas, a través de la tubería, a la atmósfera.

Un buen sistema de escape debe tener un mínimo de contrapresión. La contrapresión del escape es generalmente perjudicial puesto que tiende a reducir el caudal del aire a través del motor. Indirectamente, la contrapresión del escape tiende a elevar la temperatura del escape, lo cual reduce la vida útil de las válvulas de escape y del turbo.

Existen dos tipos de sistemas de escape generalmente. Los escapes húmedos y los escapes secos, para esta embarcación se dispondrá de escapes húmedos.

Los sistemas de escape húmedo se caracterizan por lo siguiente:

- Los gases de escape se mezclan con el agua procedente del intercambiador de calor del agua de refrigeración del motor.



- Las emisiones gaseosas y partículas procedentes del sistema del escape se depuran eficazmente de los gases del escape, reduciendo la posibilidad de contaminación atmosférica.
- El tubo de escape está suficientemente frío para poderse fabricar de plástico reforzado con fibra de vidrio, sin aislar.
- La mezcla de los gases de escape y el agua de mar se descargan del barco a la altura de la línea de flotación o ligeramente por debajo.
- Para evitar la entrada de agua al motor, el escape forma un cuello de pato o el escape se diseña en caída.
- Cuenten con sensores de temperatura a continuación de la mezcla con el agua. Esto se debe para evitar que alcance altas temperaturas la zona de goma y fibra de vidrio.

La disposición del sistema de escape de esta embarcación consta de dos tubos de acero inoxidable de 10 pulgadas cada uno que intercepta en uno solo cuya pendiente es negativa. A continuación, se encuentra un fuelle de expansión y posteriormente la mezcla de agua. En este punto la pendiente se pronuncia para evitar el retorno de agua. Posteriormente a la mezcla del agua con los gases de escape, está el sensor de temperatura. Seguidamente está el silencioso y la válvula de mariposa para acabar en un punto cerca de la flotación máxima.



5. MOTOR AUXILIAR

Otro servicio principal de la cámara de máquinas es el servicio eléctrico del buque. Aunque este será definido en el cuadernillo 10 de Planta Eléctrica. El motor auxiliar principalmente se encarga de la generación de energía eléctrica de la embarcación.

Los principales equipos o sistemas que alimentará el motor auxiliar son:

- Equipos mecánicos o hidráulicos como bombas, compresores, maquinillas, etc.
- Equipos de navegación
- Equipos de puente
- Baterías
- Luces de navegación
- Iluminación de toda la embarcación
- Suministro energético de toda la habilitación
- Sistema de climatización
- Equipos de emergencia

El motor auxiliar que se ha seleccionado ha sido el Caterpillar C4.4, en el ANX-2 se pueden ver las características generales.

CARACTERISTICAS GENERALES		
Marca	Caterpillar	
Modelo	C4.4	
Potencia nominal	99/123	kW/kVA
Voltios	240	V
Frecuencia de operación	50	Hz
Fases	trifasica	
Revoluciones	1500	rpm
Peso en vacío	1015	kg

Tabla 2 - Características motor auxiliar



Figura 4 - Vista motor auxiliar



6. SEPARADOR AGUAS OLEOSAS

Según la normativa MARPOL, Anx-1, capítulo 3, parte B, regla 14, para buques con un arqueo bruto mayor a 400 GT es obligatorio instalar un grupo separador de aguas oleosas.

El separar de aguas oleosas consiste en un sistema que garantiza que toda mezcla oleosa descargada al mar tenga un contenido de hidrocarburos que no exceda de 15 partes por millón.

Además, debe estar provisto de una alarma que indique cuando no se pueda mantener ese nivel. En ese caso que el contenido de aceite efluente exceda las 15 partes por millón, el sistema se detendrá automáticamente.

Se instala un separador de sentina por cada cámara de máquinas con una capacidad de 0.5 m³/h. Aparte de recoger las aguas oleaginosas de la cámara de máquinas, también tiene una ramificación que conecta con la sentina del pañol 2 que es donde se encuentran los tanques de combustible. En el ANX-3 se puede ver la especificación técnica del grupo.



Figura 5 - Vista del separador de sentina



7. BIBLIOGRAFIA

1. Resolución MSC.97(73) "Código Internacional de Seguridad para Naves de Gran Velocidad", diciembre 2000.
2. Lloyd's Register: "Rules and Regulations for the Classification of Special Service Craft". Julio 2019.
3. MARPOL: "Convenio Internacional para Prevenir la Contaminación por los Buques" (2012).
4. Caterpillar: "Guía de aplicación e instalación marina", 1989.
5. Terrados Valderas Marina, Zorzo Benito Alejandro: "Ferry Pasaje, Proyecto nº 1575"
6. Datos del fabricante de motores Cummins. Obtenido de:
<http://cumminseurope.com>
7. Datos del fabricante de motores MAN. Obtenido de:
<http://man.eu>
8. Datos del fabricante de motores Caterpillar. Obtenido de:
<http://cat.com>

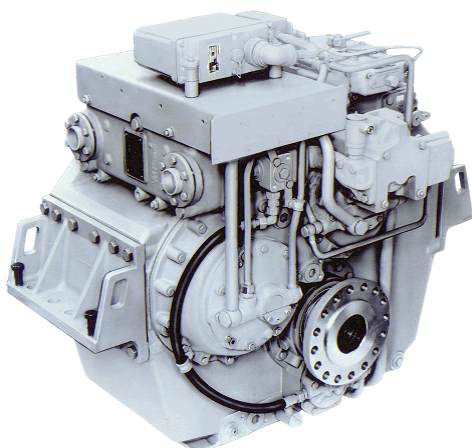


ANEXOS



ANEXO 1

Especificación técnica de las reductoras



ZF 7600

Vertical offset, remote mount marine transmission.

Description

- 3 shaft, reverse reduction transmission with hydraulic clutch mounted on the input shaft and another one mounted on the reverse shaft. Input drive on opposite side to output drive.
- Non-reversing NR version also available .
- Fully works tested, reliable and simple to install .
- Suitable for commercial vessels in all applications as well as for motoryachts etc .
- Design, manufacture and quality control standards comply with ISO 9001 and AQAP .
- Compatible with all types of engines and propulsion systems, including waterjets and surface-piercing propellers and cpps .

Features

- Lightweight and robust aluminum alloy casing (sea water resistant) .
- Case hardened and precisely ground gear teeth for long life and smooth running .
- Output shaft thrust bearing designed to take maximum propeller thrust astern and ahead .
- Smooth and reliable hydraulic shifting with control lever for attachment of push-pull cable or other operating system .
- Compact, space-saving design, complete with oil cooler, pump and full flow filter .
- Suitable for multi engine installation (same ratio and torque capacity engine wise or counter engine wise) .

Options

- Engine-matched torsional coupling .
- Mounting brackets for rigid connection to foundation or elastic mounting brackets .
- Trolling valve for slow-speed drive .
- Propeller shaft flange and coupling bolt sets .
- Monitoring kit .
- Trailing pump .
- PTO (live) .
- Electric clutch control (24 VDC) .
- PTI (second input drive) .
- Optional diagonal offset -D (only suitable for water jet applications) .
- Classification by all major Classification Societies on request .
- "AUTOTROLL" .

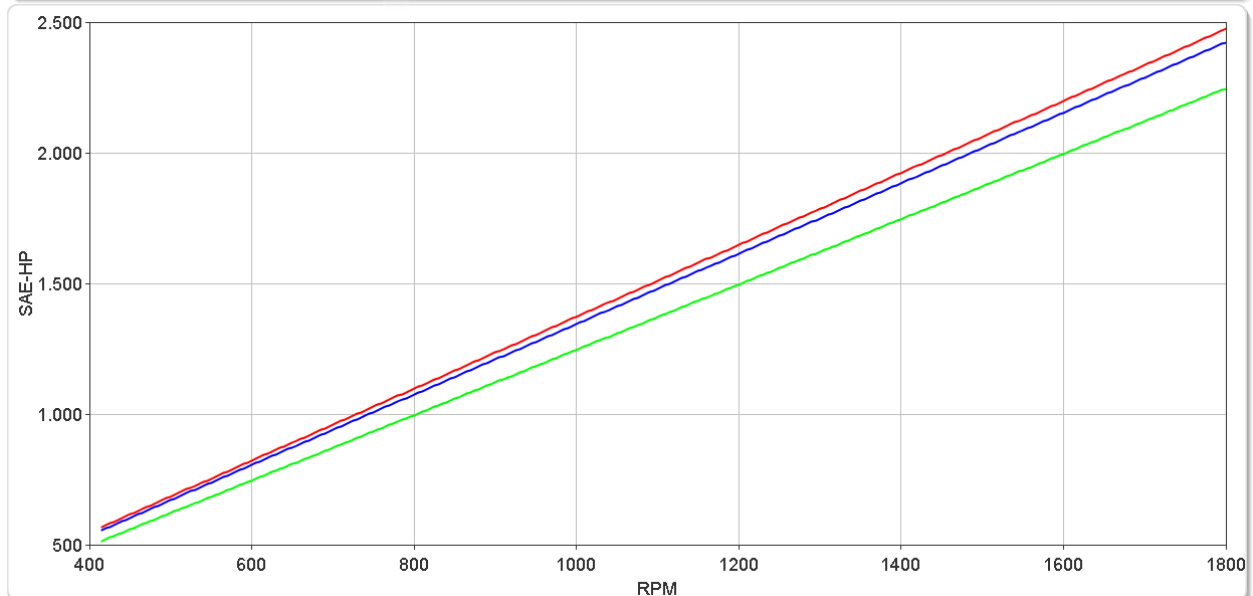
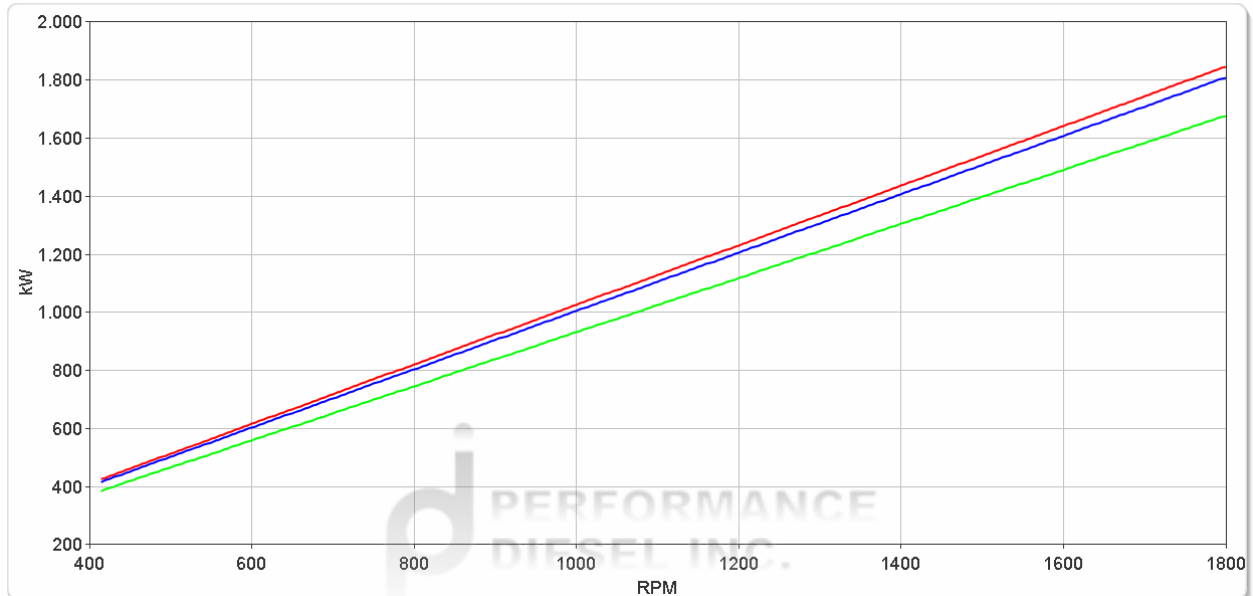
ZF 7600

Ratings

Continuous Duty

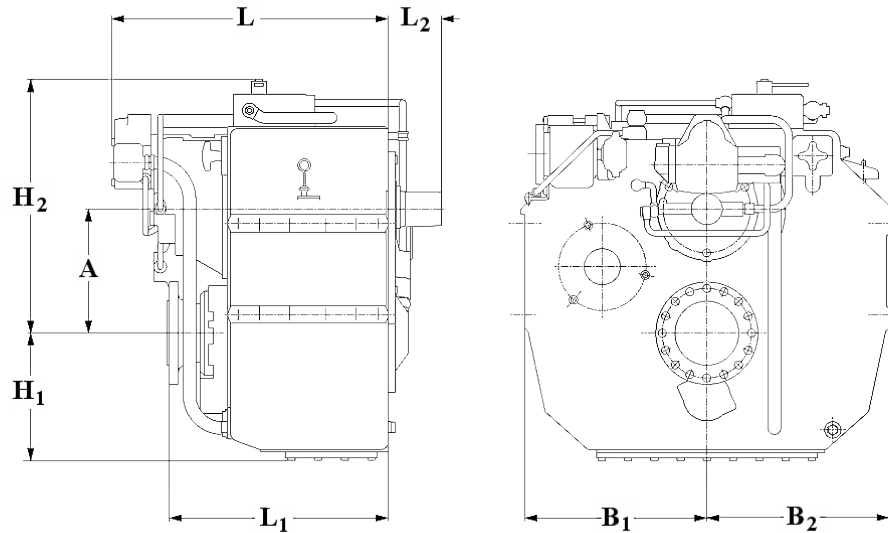
RATIOS	MAX. TORQUE		POWER/RPM		INPUT POWER CAPACITY						MAX. RPM
	Nm	ftlb	kW	hp	kW	hp	kW	hp	kW	hp	
					1200 rpm		1600 rpm		1800 rpm		
1.485*, 1.828*, 2.037, 2.231*, 2.565, 2.773*	9800	7228	1.0262	1.3761	1231	1651	1642	2202	1847	2477	1800
2.905	9600	7081	1.0052	1.3480	1206	1618	1608	2157	1809	2426	1800
3.174*	8900	6564	0.9319	1.2497	1118	1500	1491	2000	1677	2250	1800

* Special Order Ratio.



ZF 7600

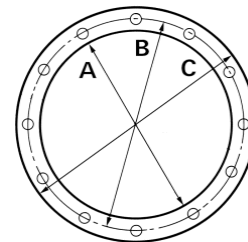
Dimensions



mm (inches)									
A	B ₁	B ₂	H ₁	H ₂	L	L ₁	L ₂	L ₃	Bell Hsg.
340 (13.4)	500 (19.7)	500 (19.7)	348 (13.7)	694 (27.3)	759 (29.9)	640 (25.2)	146 (5.75)	-	00
Weight kg (lb)					Oil Capacity Litre (US qt)				
970 (2,134)					75.0 (79.5)				

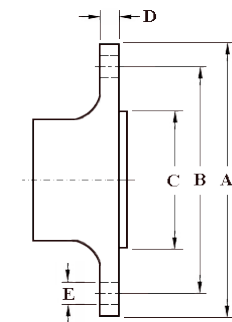
SAE Bell Housing Dimensions

SAE No.	A		B		C		No.	Bolt Holes Diameter	
	mm	in	mm	in	mm	in		mm	in
00	787.4	31	850.9	33.5	882.65	34.75	16	13.49	17/32



Output Coupling Dimensions

A		B		C		D		No.	Bolt Holes Diameter (E)	
mm	in	mm	in	mm	in	mm	in		mm	in
320	12.6	280	11.0	230	9.06	30.0	1.18	16	24.2	0.95



Duty Definitions

PLEASURE DUTY DEFINITION	Highly intermittent operation with very large variations in engine speed and power
Average engine operating hours limit:	500 hours/year 300 hours/year for mechanical gearboxes
Typical hull forms:	Planing.
Typical applications:	Private, non-commercial, non-charter sport/leisure activities.
LIGHT DUTY DEFINITION	Intermittent operation with large variations in engine speed and power
Average engine operating hours limit:	2500 hours/year (for hydraulic gearboxes smaller than the ZF 650 series, 2000 hours/year).
Typical hull forms:	Planing and semi-displacement.
Typical applications:	Private and charter, sport/leisure activities, naval and police activities.
MEDIUM DUTY DEFINITION	Intermittent operation with some variations in engine speed and power
Average engine operating hours limit:	4000 hours/year. 3500 hours/year for gearboxes smaller than ZF 2000 series and workboat ZF W2700 series.
Typical hull forms:	Semi-displacement and displacement
Typical applications:	Charter and commercial craft (example: crew boats and fast ferries), and naval and police activities.
CONTINUOUS DUTY DEFINITION	Continuous operation with little or no variations in engine speed and power
Average engine operating hours limit:	Unlimited
Typical hull forms:	Displacement.
Typical applications:	Heavy duty commercial vessels, tugs, fishing boats.

Duty Ratings

Ratings apply to marine diesel engines at the indicated speeds. At other engine speeds, the respective power capacity (kW) of the transmission can be obtained by multiplying the Power/Speed ratio by the speed.

Approximate conversion factors:

1 kW = 1.36 metric hp

1 kW = 1.34 U.S. hp (SAE)

1 U.S. hp = 1.014 metric hp

1 Nm = 0.74 lb.ft.

Ratings apply to right hand turning engines, i.e. engines having counterclockwise rotating flywheels when viewing the flywheel end of the engine.

These ratings allow full power through forward and reverse gear trains, unless otherwise stated.

Contact your nearest ZF Sales and Service office for ratings applicable to gas turbines, gasoline (petrol) engines, as well as left hand turning engines, and marine transmissions for large horsepower capacity engines.

Ratings apply to marine transmissions currently in production or in development and are subject to change without prior notice.

NOTE: THE MAXIMUM RATED INPUT POWER MUST NOT BE EXCEEDED (SEE RESPECTIVE RATINGS IN THE TECHNICAL DATA SHEETS)

Safe Operating Notice

The safe operation of ZF products depends upon adherence to technical data presented in our brochures. Safe operation also depends upon proper installation, operation and routine maintenance and inspection under prevailing conditions and recommendations set forth by ZF. Damage to transmission caused by repeated or continuous emergency manoeuvres or abnormal operation is not covered under warranty. It is the responsibility of users and not ZF to provide and install guards and safety devices, which may be required by recognized safety standards of the respective country (e.g. for U.S.A. the Occupational Safety Act of 1970 and its subsequent provisions).

Monitoring Notice

The safe operation of ZF products depends upon adherence to ZF monitoring recommendations presented in our operating manuals, etc. It is the responsibility of users and not ZF to provide and install monitoring devices and safety interlock systems as may be deemed prudent by ZF. Consult ZF for details and recommendations.

Torsional Responsibility and Torsional Couplings

The responsibility for ensuring torsional compatibility rests with the assembler of the drive and driven equipment. ZF can accept no liability for gearbox noise caused by vibrations or for damage to the gearbox, the flexible coupling or to other parts of the drive unit caused by this kind of vibration. Contact ZF for further information and assistance. ZF recommends the use of a torsional limit stop for single engine powered boats, wherein loss of propulsion power can result in loss of control. It is the buyer's responsibility to specify this option, which can result in additional cost and a possible increase in installation length.

ZF can accept no liability for personal injury, loss of life, or damage or loss of property due to the failure of the buyer to specify a torsional limit stop. ZF selects torsional couplings on the basis of nominal input torque ratings and commonly accepted rated engine governed speeds. Consult ZF for details concerning speed limits of standard offering torsional couplings, which can be less than the transmission limit. Special torsional couplings may be required for Survey Society Ice Classification requirements.



ANEXO 2

Especificación técnica de los motores auxiliares

ESPECIFICACIONES DEL PRODUCTO PARA C4.4

ESPECIFICACIONES DEL GRUPO ELECTRÓGENO

Valor nominal mínimo	36R ekW (45 kVA)
Valor nominal máximo	99 ekW (123 kVA)
Frecuencia	50 o 60 Hz
Velocidad	1500 rev/min o 1800 rev/min
Estrategia de emisiones/combustible	Tier 2 (60 Hz) de la EPA, 97/68EC Stage II de la UE (50 Hz)

ESPECIFICACIONES DEL MOTOR

Modelo de motor	4 cilindros en línea, diésel, 4 tiempos
De aspiración	NA, T, TA
Calibre	105 mm
Carrera	127 mm
Cilindrada	4.4 l
Tipo de regulador	Electrónico

DIMENSIÓN DEL GRUPO ELECTRÓGENO

Longitud 1750 mm

DIMENSIONES DEL GRUPO ELECTRÓGENO

Anchura	1215 mm
Altura	1000 mm
Peso	805 kg (1775 lb) - 1015 kg (2338 lb)

ESPECIFICACIONES DEL GENERADOR

Excitación	Excitación independiente desde bobinado auxiliar para ofrecer corriente de cortocircuito al 300% durante 10 segundos
Paso	2/3
Número de conductores	12 conductores reconectables
Material aislante	Clase H

Clasificación IP

Protección impermeable IP23 (protección IP44 disponible para algunos modelos; consulte a su distribuidor)

Regulador de voltaje

Regulador de voltaje de estado sólido con potenciómetro de ajuste de voltaje integral

C4.4 EQUIPOS ESTÁNDAR

SISTEMA DE ADMISIÓN DE AIRE

- Filtro de aire, elemento sencillo tipo cartucho con indicador de servicio y tapa de protección para la lluvia
- Turboalimentador aislado seco (solo modelos DIT y DITA)
- Sistema de arranque en frío con bujía de precalentamiento

SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

- Grupos refrigerados por intercambiador de calor con tubos de cobre-níquel (calibrados para temperatura ambiente a 50 °C y agua de mar a 32 °C) o grupos con refrigeración de quilla (calibrados para temperatura ambiente a 50 °C)
- Depósito de expansión de desaireación
- Radiador de aceite del motor de tipo placa
- Bomba centrífuga de la camisa de agua accionada por engranajes
- Bomba de agua de mar de autocebado accionada por engranajes
- Refrigerante de larga duración de Caterpillar (grupos refrigerados por intercambiador de calor)

SISTEMA DE ESCAPE

- Turboalimentador aislado seco
- Colectores de escape refrigerados por agua

SISTEMA DE COMBUSTIBLE

- Separador de agua/filtro de combustible primario con conectores NPT y BSP (envío por separado)
- Filtro de combustible secundario (lado izq.)
- Bomba de cebado de combustible eléctrica
- Solenoide de desconexión de energizar para activar

GENERADOR

- 12 conductores reconectables
- Trifásico, todos los modelos
- Sin escobillas
- Excitación independiente desde bobinado auxiliar para ofrecer corriente de cortocircuito al 300 % durante 10 segundos
- Paso de 2/3
- Banda de voltaje ancha
- Protección impermeable IP23
- Regulador de voltaje de estado sólido con potenciómetro de ajuste de voltaje integral
- Aislamiento Clase H
- Polos de conexión

SISTEMA DE LUBRICACIÓN

- Aceite lubricante
- Filtro de aceite (lado izq.)
- Varilla de medición (lado izq.)
- Eliminación de humos (sistema cerrado)

SISTEMA DE MONTAJE

- Bastidor de base de acero con bandeja colectora
- Soportes antivibraciones

SISTEMA DE ARRANQUE Y CARGA

- Sistema eléctrico de conexión a tierra aislada negativa

GENERALIDADES

- Acceso para servicio por un solo lado (lado izq.)
- Los grupos electrógenos de quilla refrigerada no incluyen los enfriadores de quilla

C4.4 EQUIPOS OPTATIVOS

KIT DE CALENTADOR DE ESPACIO



ANEXO 3

Especificación técnica de los grupos separadores de aguas oleosas

 DETEGASA	TECHNICAL SPECIFICATION OILY WATER SEPARATOR DELTA OWSA-0,5	DOCUMENT N°: ET-OWSA-0,5
		Revision: 0
		Date: Oct. 05

OILY WATER SEPARATOR

"DELTA" TYPE OWSA-0,5 TON/H.

TECHNICAL SPECIFICATION

PURPOSE

The purpose of the Oily Water Separator is to process oily water stored in the bilge of the ship obtaining a clean effluent water with an oil content below 15 PPM as required by IMO MEPC107(49).

The sistem includes a first stage treatment section which is made up of gravity static separator followed by a secondary treatment which is an Adsorption process.

SCOPE OF SUPPLY

The Oily Water Separator will be supplied fully mounted with pump and control panel and factory tested and will include the following components as standard supply:

- Tanks with internals.
- One Pump.
- Pneumatic piston operated valves for the following services:
 - Oil Discharge
 - Sea Discharge
 - Re-circulation to Bilge
 - By-pass adsorption tank
 - Adsorption system in service
- Solenoid valve for flushing water inlet.
- Safety valves.
- System for automatic discharge of oil, including electrodes, sensor relay and accessories.
- Isolating valves, pressure indicators, etc...
- Control panel.
- 15PPM Bilge Alarm Monitor

 DETEGASA	TECHNICAL SPECIFICATION OILY WATER SEPARATOR DELTA OWSA-0,5	DOCUMENT N°: ET-OWSA-0,5
		Revision: 0
		Date: Oct. 05

MAIN TECHNICAL CHARACTERISTICS

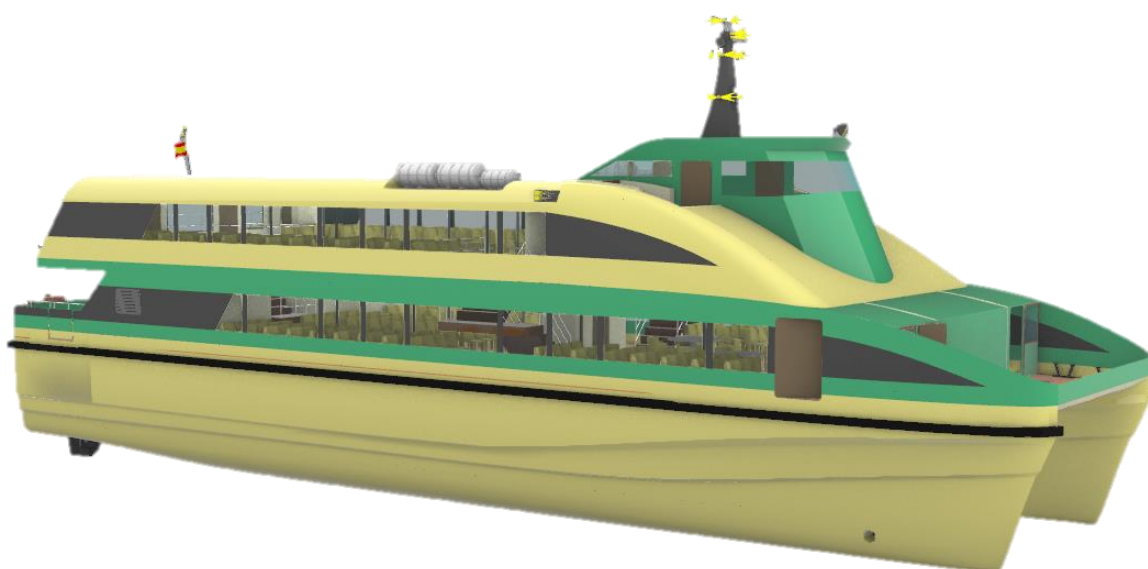
Oily Water Separator Type	DELTA OWSA	0,5
Capacity		0,5 m ³ /h
Maximum Suction Height		4.5 m
Normal Vacuum in Operation		-0.5 bar
Valves	Oil Discharge	Pneumatic
	Overboard Discharge	Pneumatic
	Recirculate To Bilge	Pneumatic
	By-pass adsorption tank	Pneumatic
	Adsorption system in service	Pneumatic
	Flushing Valve	Solenoid
Electric Motor Consumption	400V 50Hz	0.37 Kw
	440V 60Hz	0.45 Kw
Ppm Meter	Range	0-30 ppm
	Accuracy	+/-5ppm (As per IMO)
	Sample Flow	0.5-4 l/min
	Sample Temperature	+10 TO + 40°C
	Power	110-220 Vac 24Vcc
Heater	Electric	1200w
	Steam	Max. 180 Kg/h at 6 bar
Air Consumption		Max. 0.5 l/m at 7 bar
Fresh/Sea Water Consumption	Only In Flushing Mode	Max. 70 l/m at 1.5 bar
Radiated Noise Level		70 dB

DRAWING LIST

WORKING DIAGRAM	<u>OWSA-1000-001</u>
FLOW DIAGRAM	<u>OWSA-5788-F01I</u>
MAIN DIMENSIONS AND INTERFACES	<u>OWSA-5788-G01I</u>

CUADERNO 9

EQUIPOS Y SERVICIOS



Autor: Luis Rodríguez Ramos

Tutor: Leandro Ruiz Peñalver



INDICE

1. Especificaciones.....	1
2. Introducción	2
3. Equipo de fondeo, amarre y remolque	3
3.1. Numeral de equipo.....	3
3.2. anclas.....	3
3.3. Cadenas	3
3.4. Cabos de remolque y amarros.....	4
3.5. Molinete de ancla.....	4
3.6. Caja de cadenas.....	5
4. Servicio de achique	6
4.1. Prescripciones previas.....	6
4.2. Prescripciones para naves de pasaje.....	7
4.3. Cálculo y disposición de las bombas	7
5. Sistema contraincendios	9
5.1. Prescripciones generales.....	9
5.2. Protección estructural contraincendios	9
5.3. Ventilación.....	13
5.4. Sistema de detención y extinción de incendios	14
5.5. Aspectos varios.....	16
5.6. Sistema fijo de rociadores	16
6. Servicio sanitario	18
6.1. Prescripciones generales.....	18
6.2. Servicio de agua dulce	18
6.3. Servicio de agua salada	18
6.4. Servicio de agua sucias	18



7. Equipo de gobierno	20
7.1. Servomotores	20
7.2. Hélice de maniobra	20
8. Dispositivos y medios de salvamento	21
8.1. Comunicaciones y equipos radioeléctricos	21
8.2. Dispositivos individuales de salvamento.....	21
8.3. Embarcaciones de supervivencia	22
8.4. Zona de evacuación para helicópteros.....	23
8.5. Aparatos lanzacabos.....	23
9. Equipo de navegación y comunicación	24
9.1. Equipo de navegación	24
9.2. Equipo de comunicaciones.....	24
10. Equipos en la habilitación y servicios	26
11. Ventilación y climatización.....	27
12. Bibliografía	28
ANEXOS	29
ANEXO 1 - Especificación técnica balsas salvavidas	
ANEXO 2 - Especificación técnica bote salvavidas	
ANEXO 3 - Especificación técnica pescante del bote salvavidas	



INDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Zonas contraincendios	11
Figura 2 - Protección contraincendios.....	12
Figura 3 - Composición lana protectora contraincendios	13
Figura 4 - Zona de evacuación para helicópteros.....	23

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 - Cálculo caudal de las bombas en función del volumen de los compartimentos	7
Tabla 2 - Tiempos de protección estructural contraincendios.....	10
Tabla 3 - Separación máxima de los detectores.....	14
Tabla 4 - Volumen de ventilación.....	27



1. ESPECIFICACIONES

- Clasificación: Lloyds Register
- Pasajeros: 300
- Velocidad crucero: 24 nudos
- Autonomía: 450 millas náuticas
- Material constructivo: GRP
- Aspectos adicionales: Estudio por elementos finitos de los elementos estructurales más importantes.



2. INTRODUCCION

El tema a tratar en este cuaderno es el diseño de todos aquellos equipos y servicios que forman parte esenciales de la embarcación sin ser los equipos principales o auxiliares propulsivos.

Estos equipos y servicios principalmente vienen recogidos en los siguientes reglamentos:

- SOLAS
- MARPOL
- High Speed Craft 2000
- Special Service Craft

Los citados reglamentos tienen en común que donde mayor hincapié hacen es en la seguridad, salvamento y el medio ambiente.



3. EQUIPO DE FONDEO, AMARRE Y REMOLQUE

3.1. Numeral de equipo

El equipo de fondeo, amarre y remolque se diseña en base a las normas del SSC del Lloyds Register en la Parte 3, Capítulo 5, Sección 2. El numeral de equipo para un catamarán sigue la siguiente expresión:

$$NE = \Delta^{2/3} + 2(D_h + B_o\alpha_1 + 2G_aB_1) + 0.1A$$

- *Donde,
- A = Área del perfil del casco y superestructura sobre la línea base en m².
 - B_o = La mayor manga moldeada en metros.
 - B₁ = La mayor manga de los cascos en la cubierta en metros.
 - α₁ = Para catamaranes, distancia de la parte inferior de la estructura del túnel a la parte inferior de la primera cubierta en metros.
 - D_h = La suma de la b × h × cos(qi) de todas las cubiertas de la superestructura.
 - G_A = Altura del airgap en metros.

$$NE = 132.24^{2/3} + 2(19.34 + 9.87 \times 1.10 + 2 \times 1.41 \times 29.78) + 0.1 \times 234.5$$

$$NE = 277.76$$

3.2 Anclas

De acuerdo con el numeral de equipo obtenido entre 240 y 280 el ancla a equipar debe ser de 495 kg de masa.

La embarcación debe llevar un ancla en servicio, que se pueda usar en cualquier momento y otra de emergencia.

Se equipa un ancla de alto poder de sujeción como recomienda el SSC.

3.3. Cadenas

Las cadenas deben ser de acero dulce, acero de calidad especial o acero de alta calidad de acuerdo con el reglamento.

Las cadenas con materiales de grado U1 no deben utilizarse, tampoco las de grado U3 si el diámetro es menor a 20.5 mm. Por lo que utilizará material grado U2.

De acuerdo con la masa de del ancla obtenida en los puntos anteriores, la longitud de la cadena deber ser de 137.5 metros y el diámetro de la misma es de 17.5 mm. La cadena consta de 5 largos de cadena, cada uno de 27.5 metros, esto supone un peso de 985 kg.



3.4. Cabos de remolque y amarras

La sociedad de clasificación dicta que para el numeral de equipos que se ha obtenido, la embarcación debe equipar un cabo de remolque de 180 metros de longitud y debe soportar una carga de rotura mínima de 181.8 kN.

En cuanto al diseño de las amarras, la sociedad de clasificación sugiere tres líneas para esta embarcación, con una longitud mínima de 120 metros cada una de ellas y cuya carga de rotura es 71.1 kN.

Se montan cuatro pares de bitas a proa, dos a cada banda y otros cuatro pares de bitas a popa, también dos a cada banda. Cada par de bitas consta del correspondiente pasacabos en el costado del barco en caso de necesitarlo.

3.5. Molinete de ancla

El molinete de ancla se diseña en base a tres requisitos:

1. El molinete debe tener suficiente potencia para ejercer una tracción de servicio continuo de:

$$42.5 \times d_c^2 = 13.02 \text{ kN}$$

Durante un periodo de:

$$0.12 \times L_c = 16.5 \text{ minutos}$$

*Donde, d_c = diámetro de la cadena en mm.
 L_c = Longitud de la cadena en m.

2. El molinete debe tener suficientemente potencia para ejercer durante un periodo de al menos dos minutos un tirón igual al mayor de:

I. Tirón de corto plazo:

$$1.5 \times 13.02 = 19.53 \text{ kN}$$

II. Tirón de ruptura:

$$12.18W_a + \frac{7.0L_c d_c^2}{100} = 8.98 \text{ kN}$$

3. En ausencia del freno de cadenas, el molinete con su propio sistema de frenado debe poder resistir sin deformación una carga de:

$$K_b d_c^2 (44 - 0.08 d_c) = 143.5 \text{ kN}$$

*Donde, K_b = 11.00 para material de grado U2.



3.6. Caja de cadenas

Se dispone de una caja de cadenas fabricada en fibra de vidrio pero reforzada de acero en el casco de babor. Aprovechando los refuerzos del casco la caja de cadena tiene una profundidad de 0.98 metros. El volumen de la caja de cadenas se calcula mediante la siguiente expresión:

$$V_{cc} = 0.082 \times d_c^2 \times L_c \times 10^{-4}$$

$$V_{cc} = 0.35 \text{ m}^3$$



4. SERVICIO DE ACHIQUE

4.1. Prescripciones previas

De acuerdo con el reglamento del Código de Naves de Gran Velocidad, el servicio de achique debe cumplir lo siguiente:

- Se instalarán medios de achique de sentinas que permitan el drenaje de todo compartimento estanco que no esté destinado al almacenamiento permanente de líquidos. La capacidad y el emplazamiento de esos compartimentos serán tales que la inundación de los mismos no afecte a la seguridad de la nave.
- El sistema de achique de sentina podrá funcionar con todos los ángulos posibles de escora y asiente resultantes de la avería.
- Toda bomba de sentina motorizada podrá bombear agua a través de la tubería de achique prescrita a una velocidad no inferior a 2 m/s.
- El diámetro interior del colector de sentina se calculará utilizando la siguiente formula, si bien, el diámetro mínimo será de 25 mm.

$$d = 25 + 1.68\sqrt{L(B + D)}$$

*Donde, L = Eslora de la nave, 32.00 metros.
 B = Manga de la nave, en caso de multicasco la manga de un casco a la altura de la flotación, 2.45 metros.
 D = Puntal de trazado, 3.70 metros.

$$d = 48.58 \text{ mm}$$

Ajustando este diámetro del colector a un número redondo, se obtiene un diámetro de 60 mm, con el diámetro y la velocidad el caudal es el siguiente:

$$Q = \pi \times \frac{d^2}{4} \times v$$

$$Q = 0.0056 \text{ m}^3/\text{s} = 20.7 \text{ m}^3/\text{h}$$

- Todo espacio de máquinas que contenga un motor primario de propulsión estará provisto de una aspiración de sentina de emergencia. Esta aspiración estará conectada a la mayor bomba motorizada disponible que no sea una bomba de achique.
- En caso de que se disponga de bombas de sentinas separadas, el caudal total de todas las bombas no será inferior a 2.4 veces el caudal calculado anteriormente.

$$Q_{total} = 2.4 \times 20.7 = 49.68 \text{ m}^3/\text{h}$$



4.2. Prescripciones para naves de pasaje

- Las naves de categoría A, llevarán como mínimo dos bombas de sentinas motorizadas. Una de las cuales estará conectada al propulsor.
- Los medios adoptados serán tales que como mínimo, se disponga de una bomba de achique motorizada que pueda utilizarse en todas las condiciones de inundación que deba soportar la nave, según se indica a continuación:
 - I. Una de las bombas de achique prescritas será una bomba de emergencia fiable de tipo sumergible que disponga de una fuente de emergencia fiable.
 - II. Las bombas de achique y sus fuentes estarán distribuida a lo largo de toda la eslora de la nave, de modo que haya siempre una disponible como mínimo una bomba en un compartimento sin avería.
- En las naves multicasco, cada casco estará provisto de dos bombas de achique como mínimo.
- Las cajas de distribución, los grifos y las válvulas del sistema de achique estarán dispuestas de tal forma que en caso de inundación en cualquier compartimento, puedan funcionar una de las bombas de achique.
- Los mandos de todos los grifos y válvulas se deben poder accionar por encima del nivel de referencia de inundación. Estarán claramente marcados en su lugar de accionamiento y provistos de medios que indiquen si están abiertos o cerrados.

4.3. Cálculo y disposición de las bombas

Con los caudales obtenidos según el Código de Naves de Gran Velocidad, se tiene que el caudal total de cada casco de la embarcación debe ser mínimo de:

$$Q_{total} = 49.68 \text{ m}^3/\text{h}$$

Cada compartimento debe tener su propia bomba, para ellos se parte de los volúmenes de los compartimentos y se divide el caudal entre la parte proporcional de cada compartimento.

Compartimento	% del volumen	Caudal de la bomba (m ³ /h)	Diámetro interior (mm)
Local del servo	11	5.30	36
D.F. servo	3	1.28	34
Cámara de máquinas	21	10.56	40
Pañol 1	14	6.92	38
D.F. pañol 1	5	2.56	35
Pañol 2	14	6.92	38
D.F. pañol 2	5	2.56	35
Pañol 3	14	6.92	38
D.F. pañol 3	5	2.56	35
Pique de proa	8	4.08	34

Tabla 1 - Cálculo caudal de las bombas en función del volumen de los compartimentos



En total la embarcación consta de 22 bombas de achique, 11 por cada casco distribuidas de la manera que se muestra en la anterior tabla. Además, se han incorporado 2 bombas portátiles en cada casco con un caudal de 5 m³/h.

Las bombas instaladas son todas bombas sumergibles de accionamiento eléctrico. Las aguas oleaginosas tanto de la cámara de máquinas como del pañol 2 pasan directamente por el separador de sentinas.

Todas las bombas de achique descargan a una altura de 1.10 metros sobre la flotación de diseño o 2.295 metros sobre la línea base. Si bien, la manguera tiene forma de cuello de pato, cuyo punto más alto está a 3.50 metros sobre la línea base. En los puntos de descarga situados en la parte interior del catamarán, entre la manguera y el casco se equipa una válvula de retención.

Todas las bombas de achique se colocan a popa de los compartimentos, excepto, en el local del servo que se coloca a proa. En todos los compartimentos los sistemas de achiques se sitúan en la parte interior de los cascos, a fin de proteger la integridad de los sistemas ante una posible avería de costado.



5. SISTEMA CONTRAINCENDIOS

5.1. Prescripciones generales

El diseño del sistema contraincendios se basa en la normativa del Código de Naves de Gran Velocidad. Esta normativa persigue los siguientes puntos para conseguir una embarcación segura en caso de un incendio a bordo:

- Mantenimiento de las funciones principales y de los sistemas de seguridad de la nave, incluidos los de propulsión y control, detención de incendios, alarmas y capacidad de extinción en los espacios no afectados después de producirse un incendio en cualquier compartimento.
- Compartimentado de la nave mediante contornos pirorresistentes.
- Uso restringido de materiales combustibles y materiales productores de humo y gases tóxicos en caso de incendio.
- Detención, contención y extinción de cualquier incendio en el espacio en que se origine.
- Protección de los medios de evacuación y los accesos para la lucha contraincendios.
- Disponibilidad inmediata de los dispositivos extintores de incendios.

5.2. Protección estructural contraincendios

A efectos de evaluar el riesgo de los espacios de la embarcación, se dividen en 6 espacios:

- Espacios de categoría A:
Son los espacios de elevado riesgo de incendios que incluye: la cámara de máquinas, pañoles con líquidos inflamables, cocinas y troncos de con los espacios antedichos.
- Espacios de categoría B:
Son zonas de moderado riesgo de incendio y comprenden los espacios de: espacios de maquinaria auxiliar, pañoles que contengan bebidas cuyo contenido de alcohol no exceda el 24% en volumen, espacios de servicios y troncos que comunican los espacios antedichos.
- Espacios de categoría C:
Son zonas de escaso riesgo de incendio, comprenden los espacios de: maquinaria auxiliar de escaso o nulo riesgo de incendio, compartimentos de tanques de combustible, tanques, espacios perdidos y zonas de escaso o nulo riesgo de incendio, espacios públicos, local de refrigeración, pasillos y zonas para el pasaje.
- Espacios de categoría D:
Zonas de puesto de control.
- Espacios de categoría E:
Puestos de evacuación y vías de evacuación exteriores que comprenden escaleras exteriores y cubiertas expuestas utilizadas como vías de evacuación, puestos de reunión



interiores y exteriores y costados de las superestructuras, casetas y cascos que se encuentren en las zonas de embarco de las balsas salvavidas.

- Espacios de categoría F:
Son los espacios expuestos que no sean puestos de evacuación y vías de evacuación exteriores o puestos de control.

A continuación, se muestra la tabla de tiempos de protección estructural contraincendios de los mamparos y las cubiertas de separación de las naves de pasaje.

	A	B	C	D	E	F
Zonas de elevado riesgo de incendio A	60 1,2	30 1	60 1,8	60 1	60 1	60 1,7,9
Zonas de moderado riesgo de incendio B		30 2	30 8	60 3,4	30 3	3
Zonas de escaso riesgo de incendio C			3	30 8,10	3	3
Puestos de control D				3,4	3,4	3
Puestos de evacuación y vías de evacuación E					3	3
Espacios expuestos F						-

Tabla 2 - Tiempos de protección estructural contraincendios

Las cifras que figuran a ambos lados de las diagonales representan los tiempos de protección estructural contraincendios del sistema de protección estructural a cada lado de la división en minutos.

El material utilizado debe ser lana mineral o equivalente con una masa volumétrica mínima de 96 kg/m³. Para conseguir la protección deseado se ha seleccionado una lana mineral de la marca ISOVER, según la especificación del fabricante corresponde a los siguientes espesores:

- Protección 60 son 3 capas de 100 mm en total.
- Protección 30 es 1 capa de 50 mm en total.



En el siguiente plano se puede ver como se han dividido las zonas según normativa:

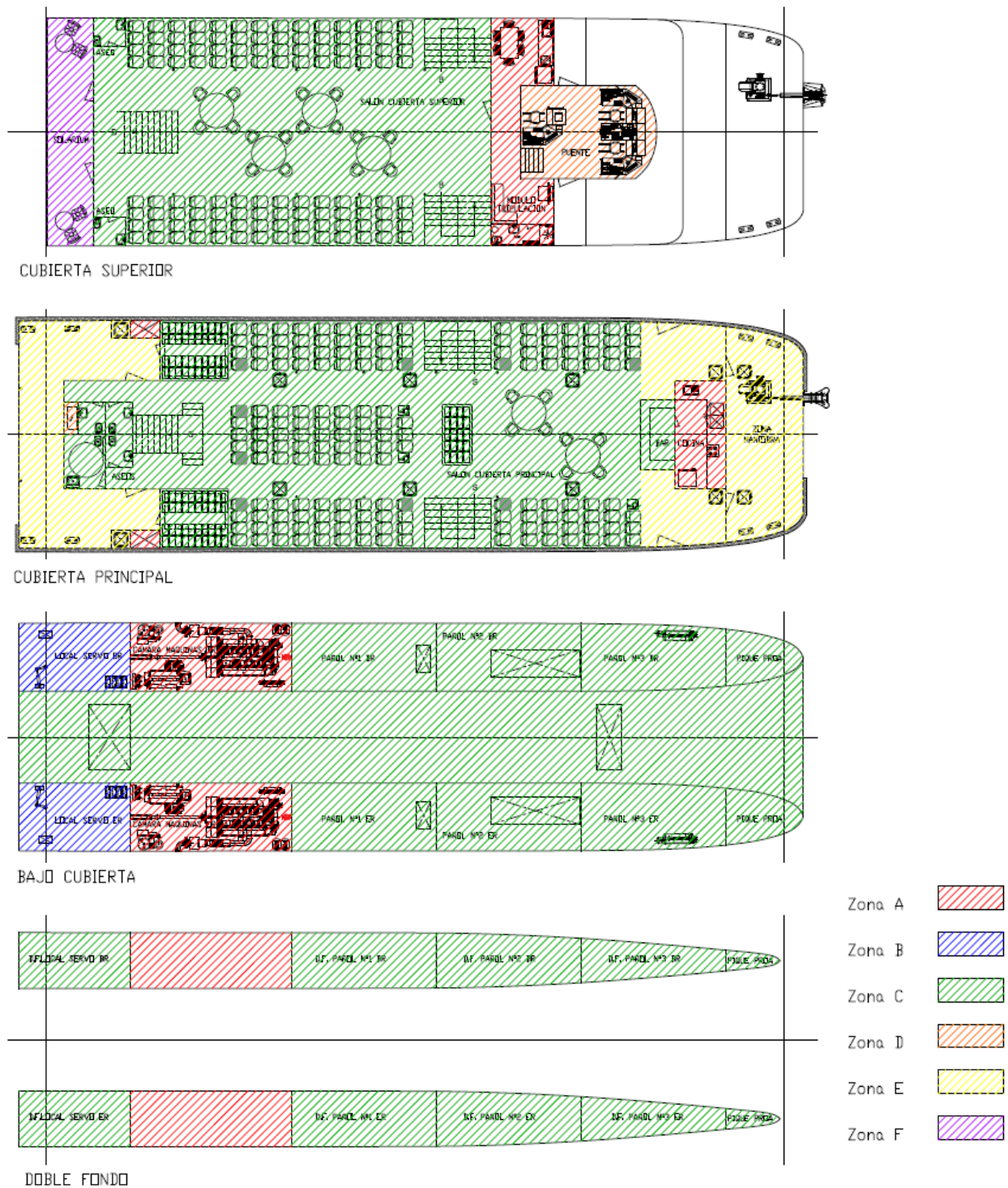


Figura 1 - Zonas contraincendios



En el siguiente plano se muestra la protección de los mamparos y de los techos de cada cubierta.

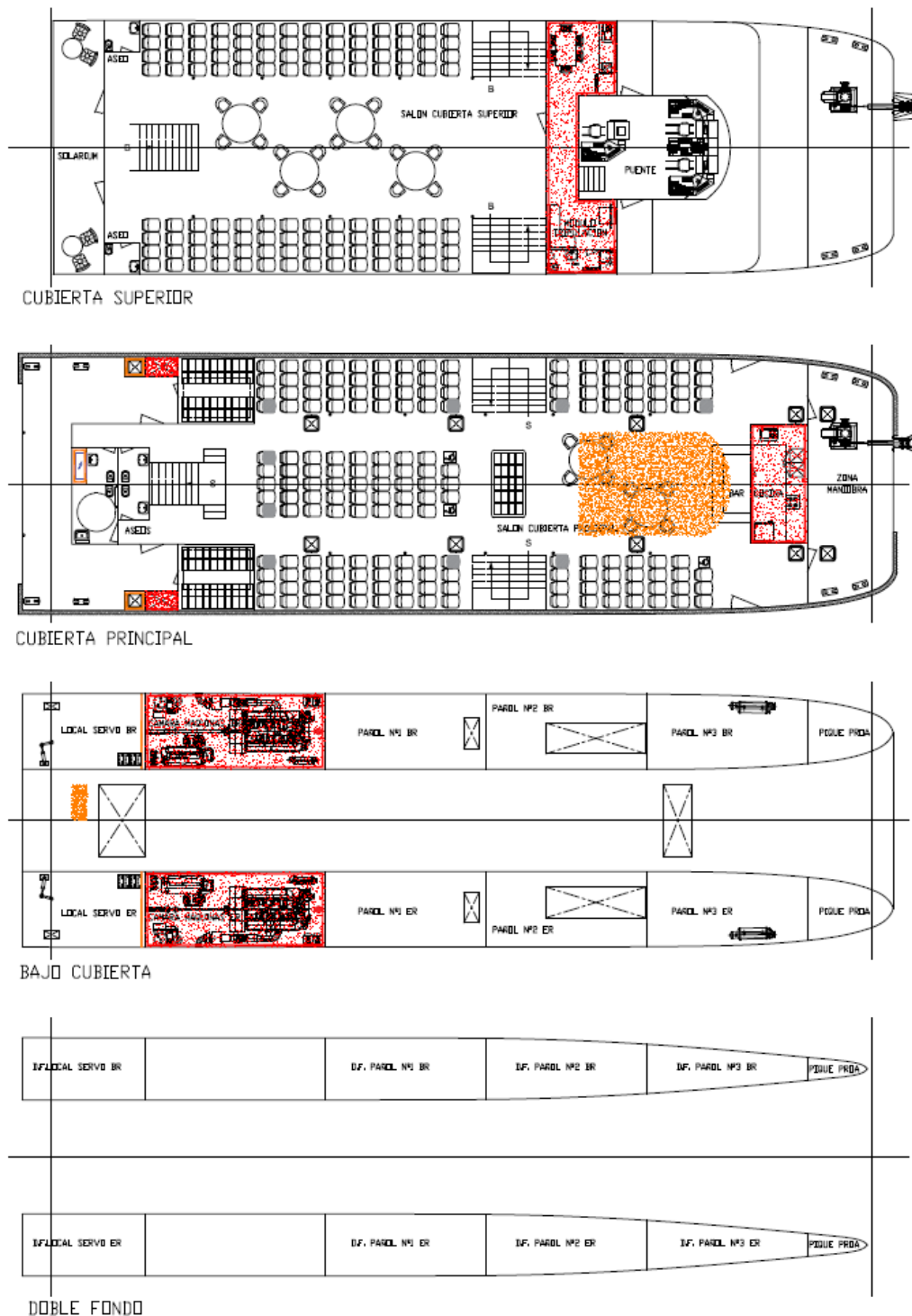


Figura 2 - Protección contra incendios



La lana protectora contra incendios se monta de la siguiente forma:

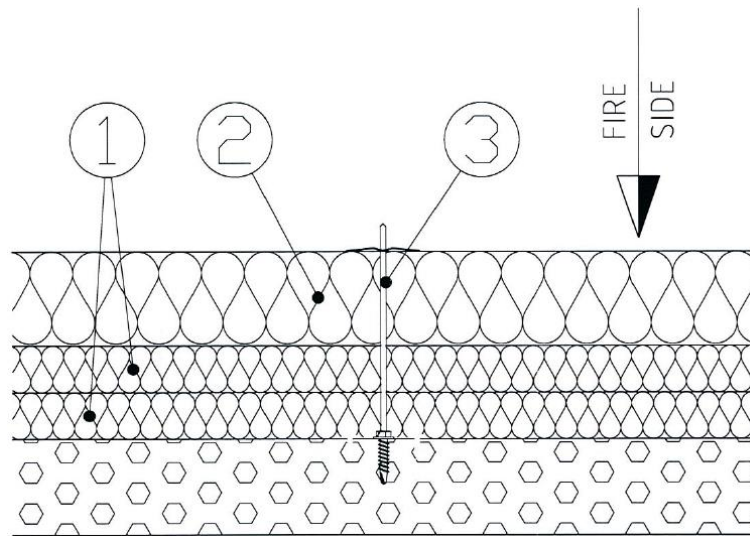


Figura 3 - Composición lana protectora contra incendios

5.3. Ventilación

La ventilación de la embarcación supone un gran riesgo en caso de incendio a bordo. Para ellos se establecen unas series de normas con el fin poder controlar el fuego en caso de incendio:

- Los orificios principales de admisión y salida de todos los sistemas de ventilación se podrán cerrar desde el exterior de los espacios que se vayan a ventilar. Además, las aberturas que den a las zonas de elevado riesgo de incendio podrán cerrarse desde un puesto de control con dotación permanente.
- Las zonas de elevado riesgo de incendio y los espacios que se utilicen como puestos de reunión tendrán sistemas y conductos de ventilación independientes. Además, ningún conducto de otros espacios puede atravesar espacios de elevado riesgo.
- Los orificios de salida de ventilación de las zonas de elevado riesgo de incendio no terminarán a menos de 1 metro de cualquier puesto de control, puesto de evacuación o vía de evacuación exterior.
- Los conductos de ventilación de cocina deben tener: un filtro de grasa que se pueda quitar fácilmente para su limpieza, dos válvulas de mariposa en cada extremo del conducto y que funcionen por telemando, medio fijo de extinción de incendio dentro del conducto y medios de telemando para apagar los extractores y los ventiladores.
- Todas las válvulas de mariposa contra incendios instaladas en una división o estancia al humo deberán poder cerrarse manualmente desde cada lado de la división. Además, deberán cerrarse desde el puesto de control por telemando.
- Los conductos deberán ser de materiales incombustible. No obstante, pueden ser de materiales combustibles siempre que cumplan con:
 - i) Sección transversal no será superior a 0.02 m².



- ii) Su longitud no será superior a 2 m.
- iii) Solo se pueden utilizar en el extremo final de la ventilación.
- iv) Sus superficies tendrán características de débil propagación a las llamas.

5.4. Sistema de detención y extinción de incendios

Sistemas de detención de incendios

En las zonas de elevado riesgo o moderado riesgo de incendio y otros espacios públicos que no sean ocupados regularmente como alojamientos de la tripulación, aseos, escaleras, pasillos y vías de evacuación se instalará sistema de detención automáticos de humo y de accionamiento manual y que indiquen al puesto de control en que lugar está el foco. Las cocinas dispondrán de sistemas de detención de calor. Las cámaras de máquinas además de sistemas de humo deberán estar provistas de equipos de videovigilancia monitorizada desde el puesto de gobierno.

La separación máxima entre los detectores se ajusta a la siguiente tabla:

Tipo de detector	Área máxima del piso por detector	Separación máxima entre los centros	Distancia máxima a los mamparos
Calor	37 m ²	9 m	4,5 m
Humo	74 m ²	11 m	5,5 m

Tabla 3 - Separación máxima de los detectores

Se instalan detectores de humo que entre en acción antes de que la densidad del humo exceda 12,5% de oscurecimiento por metro, pero no hasta que haya excedido el 2%. En cambios, los detectores de calor deben entrar en acción antes de que la temperatura exceda de 48°C, pero no hasta que haya excedido de 54°C.

La disposición de los detectores es la siguiente:

- 12 detectores de humo en los compartimentos bajo cubierta
- 6 detectores de humo en el salón de la cubierta principal
- 1 detector de calor en la cocina
- 4 detectores de humo en el salón de la cubierta superior
- 1 detector de calor en el módulo de la tripulación sobre la cocina
- 1 detector de humo en el módulo de la tripulación sobre el salón
- 1 detector de humo en el puente de mandos

Sistemas de anhídrido carbónica CO₂

La embarcación estará provista de un sistema fijo de extinción de incendio de la cámara de máquinas con CO₂.



El sistema de activación se encuentra en un lugar seguro y fácilmente accesible desde una posición exterior de la cámara de máquinas. Este sistema nunca será automático, siempre deberá activarlo manualmente la tripulación de la embarcación.

El sistema deberá poder efectuar dos descargas independientes para cada cámara de máquinas y estará provisto de una alarma acústica no inferior a 20 segundos y una alarma visual. Ambas alarmas entran en funcionamiento antes de comenzar la descarga del CO₂ con el fin que la tripulación tenga tiempo suficiente para desalojar los espacios de máquinas.

Se ha de liberar un 40% del volumen de ambas cámaras de máquinas, suponiendo un volumen de CO₂ de 0.56m³/kg.

$$M_{CO_2} = 2 \times Volumen_{CCMM} \times \frac{0.40}{0.56}$$

$$M_{CO_2} = 2 \times 77.63 \times \frac{0.40}{0.56}$$

$$M_{CO_2} = 110.90 \text{ kg}$$

Por lo que se dispondrá de cuatro botellas de CO₂ cada una de 27.5 kg en un espacio habilitado sobre la cubierta principal con suficientemente ventilación.

Extintores portátiles

La normativa exige que los puestos de control, espacios públicos, alojamientos de la tripulación y espacios de servicios deberán estar provistos como mínimo de cinco extintores portátiles. Además, habrá otro extintor portátil en la entrada a los espacios de máquinas.

La disposición de los extintores portátiles es la siguiente:

- 2 extintores de polvo seco de 2.25 kg en el salón de la cubierta principal
- 2 extintores de polvo seco de 2.25 kg en el salón de la cubierta superior
- 1 extintor de polvo seco de 2.25 kg en la cocina
- 1 extintor de CO₂ de 2.25 kg en el puente de mando
- 1 extintor de polvo seco de 4.50 kg a la entrada de la cámara de máquinas de Br
- 1 extintor de polvo seco de 4.50 kg a la entrada de la cámara de máquinas de Er

Bombas, colector, bocas y mangueras

En la embarcación como mínimo habrá dos bombas de accionamiento independiente, cada uno en la cámara de máquinas de cada casco. Debe tener una capacidad como mínimo de dos tercios de la capacidad de la bomba de sentina calculado anteriormente que es 20.7 m³/h o 25 m³/h, en este caso cada bomba tiene un caudal de 25 m³/h.

Consta de cuatro bocas de contraincendios dispuestas en los espacios exteriores y distribuidas de la siguiente forma:



- 1 a popa en la cubierta principal
- 1 a proa en la cubierta principal
- 1 a popa en la cubierta superior
- 1 a proa en la cubierta superior

Cada una de las mangueras tiene una longitud mínima de 20 metros, con ello se asegura que siempre estén disponibles dos mangueras de dos bocas distintas para un mismo foco en cualquier parte de la embarcación tal y como marca la normativa. Se deberá disponer de una manguera por cada boca de incendio y otra de respeto, cinco mangueras en total.

Todas las mangueras serán de materiales no perecederos. Las mangueras junto a las herramientas necesarias se mantendrán listas para su utilización en lugares bien visibles cerca de las bocas contraincendios.

5.5. Aspectos varios

Las puertas serán de cierre contraincendios que limiten zonas y troncos de escalera de elevado riesgo de incendio cumplirán las siguientes prescripciones:

- Las puertas serán de cierre automático y podrán cerrar con un ángulo de inclinación de hasta 3.5° opuesto al cierre. La velocidad de cierre debe ser como mínimo de 10 segundos y como máximo de 40 segundos.
- Las puertas se podrán accionar por telemando desde un puesto de control con dotación permanente.
- Una puerta que haya sido cerrada por telemando podrá abrirse desde ambos lados de la puerta mediante mando local.
- Se dispondrá de baterías en las proximidades de las puertas.

5.6. Sistema fijo de rociadores

Los espacios públicos, espacios de tripulación con literas y similares deben estar protegidos por un sistema fijo de rociadores. Los sistemas rociadores de accionamiento manual podrán ser controlados desde lugares tan alejados como sea posible, pero siempre un sistema de accionamiento debe estar en un puesto de control con dotación permanente.

El sistema de rociadores manuales debe poder cumplir con los mismos requerimientos que los sistemas de rociadores automáticos. El requisito fundamental es que después de un minuto, la bomba de los sistemas de rociadores manuales tiene que tener el mismo caudal que los que los sistemas de rociadores automáticos. Dicho caudal es 5 litros/ m²/mint.

Los rociadores están agrupados en diferentes grupos de no más de 200 unidades, cada grupo tiene su propio sistema de alarma y activación.

Cada aspersor tiene una superficie de actuación de 16 m², por lo que se disponen los rociadores de la siguiente forma:



- 20 rociadores en el salón de la cubierta principal
- 12 rociadores en el salón de la cubierta superior

El sistema se ha dividido en tres grupos, cubierta principal proa, cubierta principal popa y cubierta superior. Cada uno de ellos puede actuar de forma independiente el uno al otro.

Siguiente lo dispuesto por la normativa es caudal que debe tener la bomba es:

Sabiendo que el máximo grupo de rociadores que actúa son 12 unidades y que cada uno tiene un área de actuación de 16 m² con un caudal cada uno de 5 litros/ m²/mint.

$$Q_{rociadores} = 57.6 \text{ m}^3/\text{h}$$

Según el factor K de los rociadores que es un factor que relaciona la presión y el caudal mediante la siguiente expresión:

$$Q = K \times \sqrt{p}$$

Aplicando este factor según una marca comercial de rociadores se tiene que para un factor K de 59, se obtiene una presión de 1.84 bar. Se tiene entonces que el rociador está a una presión de 1,84 bar, se suma la pérdida de altura hidrostática de 8 metros que corresponde a 0,8 bar y un 10% de pérdidas de carga. Dando la suma de las pérdidas 2.90 bar, por lo que, la bomba necesaria a instalar tiene que tener aparte del caudal calculado una presión por columna de agua de 29 m.c.a.

Finalmente, la bomba se dispone en cámara de máquinas.



6. SERVICIO SANITARIO

6.1. Prescripciones generales

El servicio sanitario de la embarcación realiza las siguientes funciones:

- Proveer de agua dulce a los aseos y cocinas.
- Proveer de agua salada a los inodoros y cámara de máquinas.
- Almacenamiento descarga de las aguas grises.
- Almacenamiento de las aguas negras.

6.2. Servicio de agua dulce

Se instalará un tanque hidróforo en cámara de máquinas que será alimentado por el tanque de agua dulce general y se utiliza para mantener la presión adecuada en todo el circuito y así poder suministrar agua potable a las distintas partes de la embarcación como las diferentes alturas. La presión del tanque hidróforo es de uno 6 bar para el agua dulce sanitaria, este tanque alimenta los aseos y las cocinas.

Además, se monta un calentador eléctrico de 75 litros de capacidad para los aseos, duchas y cocinas.

6.3. Servicio de agua salada

Se instalará un tanque hidróforo en cámara de máquinas de estribor. La función de este grupo se limita a alimentar el agua de los inodoros y los diferentes baños. Se conecta directamente con una toma a mar y una válvula antirretorno.

6.4. Servicio de agua sucias

Siguiendo las directrices del Capítulo IV, Regla 11 de MARPOL se establece el tratamiento de aguas grises como negras de la embarcación. MARPOL establece dos procedimientos del tratamiento de las aguas sucias:

- Un sistema para desmenuzar y desinfectar las aguas sucias.
- Un tanque de retención que tenga capacidad suficiente para almacenar todas las aguas sucias de las personas a bordo durante el tiempo estipulado.

La descarga de las aguas sucias puede efectuarse mediante una conexión a tierra o descargándolas directamente al mar.

Para este proyecto se ha decidido por utilizar un tanque de retención. La descarga de las aguas sucias puede efectuarse directamente al mar siempre que se está a una distancia de tierra superior a 12 millas marinas. En caso de que las aguas sucias hayan sido almacenadas en un tanque de retención, el proceso de descarga será gradual y nunca de una vez.

Las aguas sucias del buque pueden descargarse a menos de 12 millas marinas en caso de que:



- Sea necesario para garantizar la seguridad del buque y las personas que lleven a bordo o para salvar la vida en el mar.
- Se sufra una avería del buque o equipo, siempre que antes y después de producirse la avería se hayan tomado todas las precauciones razonables para prevenir o reducir al mínimo tal descarga.



7. EQUIPO DE GOBIERNO

En este apartado se va a tratar el equipo de gobierno en locales distintos a la cámara de máquinas. Estos equipos principalmente son el sistema de servomotor y la hélice de maniobra.

7.1. Servomotores

Se instalan dos equipos electro-hidráulicos, uno por timón. El sistema debe ser capaz de girar los timones de banda a banda en un tiempo de 28 segundos. Estas prestaciones se consiguen con un sistema de los siguientes elementos:

- Dos timones
- Un servomotor hidráulico para cada timón
- Dos electrobombas hidráulicas de caudal variable para cada timón.
- Una bomba de accionamiento manual desde el local del servo.
- Un mando eléctrico para el gobierno de ambos timones.
- Un indicador de posición de los timones dispuesto en el puente.

En el cuaderno 7 se puede encontrar la información necesaria sobre el cálculo de la potencia del servomotor.

7.2. Hélice de maniobra

Según lo calculado en el cuaderno 7, el diámetro de la hélice es de 300 mm. Se ha dispuesto en el pañol 3 de estribor detrás del mamparo de colisión con una potencia eléctrica es de 27.21 kW.

Los motores de la hélice de maniobra serán accionados por potencia eléctrica y corriente alterna.



8. DISPOSITIVOS Y MEDIOS DE SALVAMENTO

Los dispositivos y medios de salvamento se definen por el Código de Naves de Gran Velocidad, además, este Código hace alusión al Convenio SOLAS, por lo que se complementa con este último.

8.1. Comunicaciones y equipos radioeléctricos

Los equipos de comunicación de la nave son los siguientes:

- Medios de emergencia, constituido por equipos portátiles o fijos para mantener las comunicaciones bidireccionales entre los puestos de control de emergencia, los puestos de reunión y de embarco y los puntos estratégicos a bordo.
- Un sistema de alarma general de emergencia que se utilizará para convocar a los pasajeros y tripulantes a los puestos de reunión e iniciar las operaciones indicadas en el cuadro de obligaciones. Dicho sistema está comprendido por un megáfono o por medios de comunicación adecuados. Estos sistemas deben poder utilizarse desde el compartimento de gobierno.
- Equipo de señales
- Toda nave irá provista en el compartimento de gobierno de una lámpara portátil de señales diurnas lista para ser utilizada en cualquier momento y que no dependa de la fuente de energía eléctrica principal.
- La nave irá provista de por lo menos 12 cohetes lanzabengalas con paracaídas, estibados en el compartimento de gobierno.
- Se proveerá por lo menos 3 aparatos radiotelefónicos bidireccionales de onda métrica portátiles, estos aparatos son los llamados VHF.
- La embarcación está equipada con un respondedor radar que se debe poder colocar rápidamente en el bote salvavidas.

8.2. Dispositivos individuales de salvamento

Aros salvavidas

Como mínimo habrá un aro salvavida junto a cada salida de la nave, así como en cada cubierta expuesta a la que tengan acceso los pasajeros y la tripulación.

Como mínimo deberá haber un aro salvavida que pueda soltarse a cada banda de la nave desde el puesto de control.

Cada aro salvavida deberá tener un cabo flotante de 30 metros de longitud como mínimo.

Según las anteriores directrices se tiene que la nave posee 6 aros salvavidas distribuidos de la siguiente manera:



- 2 aros salvavidas a las salidas laterales del puente, uno a cada banda.
- 1 aro salvavida a proa de la cubierta principal.
- 2 aros salvavida a popa de la cubierta principal, uno a cada banda.
- 1 aro salvavida en el solárium.

La mitad de los aros salvavidas deben llevar luces de encendido automático.

Chalecos salvavidas

Por cada persona a bordo de la nave habrá un chaleco salvavidas, esto hace que sumando pasaje y tripulación haya 310 personas a bordo, a esta cifra hay que sumarle un 5% de chalecos adicionales en los puestos de control. Además, deberá haber un 10% de chalecos salvavidas para niños.

- 326 chalecos salvavidas, de los cuales 16 estarán en los puestos de reunión.
- 31 chalecos salvavidas para niños.

Todos los chales salvavidas deberán estar provisto de una luz adecuada.

Trajes de inmersión

Para cada miembro de la tripulación al que se asigne en el cuadro de obligaciones alguna tarea relacionada con el embarco de pasajeros en las embarcaciones de supervivencia se proveerá un traje de inmersión.

- 6 trajes de inmersión.

8.3. Embarcaciones de supervivencia

Las embarcaciones de supervivencia deben tener capacidad suficiente para llevar al menos al 100% del pasaje y la tripulación distribuidos como mínimo en 2 embarcaciones de supervivencia. Además, deben tener una capacidad mínima del 10% del número total de personas, siendo este 10% un total de 31 personas como mínimo.

Una sola banda de la embarcación debe tener las suficientes embarcaciones de supervivencia para poder alojar el total de personas a bordo. Estas embarcaciones son balsas salvavidas que se pueden ver las especificaciones en el ANX-1.

Se debe disponer de un bote de rescate como mínimo para que esté disponible en un tiempo máximo de 5 minutos cuyos objetivos son recoger a personas que se encuentren en el agua y juntar las balsas salvavidas, se puede ver las características del bote en el ANX-2. La puesta en el agua del bote y la recogida se hace mediante un pescante tipo grúa cuya especificación se puede ver en el ANX-3.

De acuerdo con lo descrito anteriormente, la nave equipa las siguientes embarcaciones de emergencia:



- 3 balsas salvavidas a cada banda, 2 de ellas de 150 personas cada una y otra de 12 personas.
- 1 bote salvavidas de 6 personas en popa.

8.4. Zona de evacuación para helicópteros

En las embarcaciones donde la duración del trayecto sea superior o igual a 2 horas, se debe habilitar una zona de evacuación para helicópteros.

En esta embarcación la zona de evacuación para helicópteros se sitúa en el techo de la embarcación. El acceso a esta zona se encuentra en el puente de navegación.

Según el Manual IAMSAR esta zona se representa por un círculo amarillo de 5 metros de diámetro, además a los lados deben ir barandillas abatibles para la seguridad de las maniobra de evacuación.

La representación de la zona de evacuación se ve en la siguiente imagen:

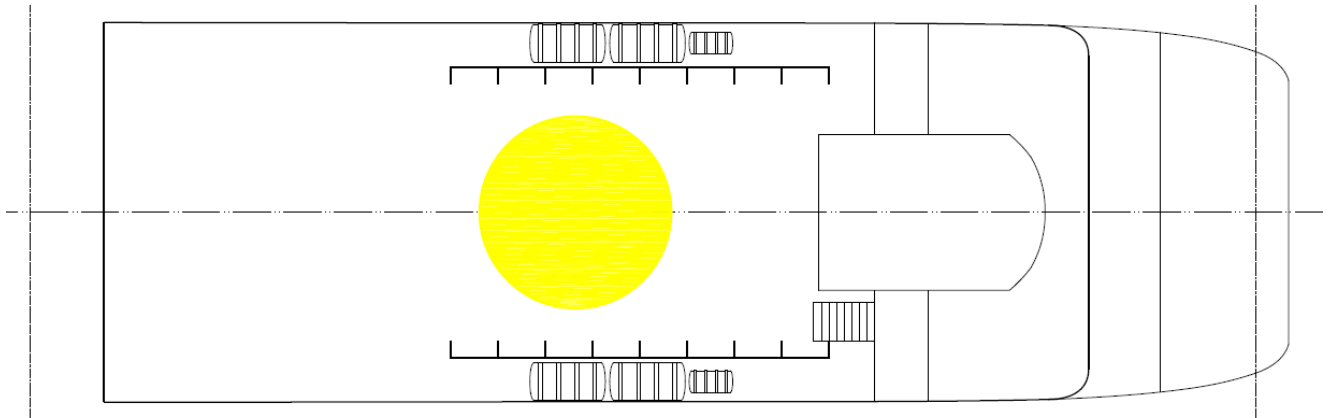


Figura 4 - Zona de evacuación para helicópteros

8.5. Aparatos lanzacabos

Se dispone de un aparato lanzacabos que sirve de salvamento para náufragos, este aparato alcanza una distancia como mínimo de 230 metros.



9. EQUIPO DE NAVEGACION Y COMUNICACION

9.1. Equipo de navegación

- Compás magnético
- Girocompás
- Compás satelitario
- Ecosonda
- Radar de estabilización azimutal de 9 GHz
- Reflector de radar
- Un sistema de navegación por satélite GPS
- Indicador de la velocidad de giro de la nave
- Indicador del ángulo de giro de los timones
- Cartas, derroteros o cartas electrónicas SIVCE
- Mesa de navegación
- Proyector
- Lampara portátil de señal diurna
- Equipo de visión nocturna
- Indicador del sistema de propulsión
- Piloto automático
- Receptor de señales acústicas
- Sistema de identificación automática SIA
- Registrador de datos de la travesía RDT

9.2. Equipo de comunicaciones

- VHF fijo
- VHF de frecuencia aeronáutica
- 3 VHF portátiles
- Radio baliza de 406 MHz RLS
- Respondedor radar de 9 GHz
- Receptor NAVTEX
- Ecosonda
- Equipo de telefonía SMSSM



Mientras la nave esté en el mar, se dispondrá de un suministro de energía eléctrica suficiente para hacer funcionar los equipos comunicaciones principales durante al menos 1 hora y para cargar todas las baterías utilizadas como fuente de energía de reserva.

Esta fuente de energía principal la embarcación a diseñar es:

- La instalación radioeléctrica de ondas métricas VHF.

La fuente de energía de reserva será independiente de la potencia propulsora y del sistema eléctrico de la embarcación.

La fuente de energía también alimentará el alumbrado eléctrico que permita iluminar la instalación radioeléctrica VHF.



10. EQUIPOS EN LA HABILITACION Y SERVICIOS

La zona de habitación está recubierta por paneles y lamas de techo B15, con este material conseguimos aislamiento térmico, acústico e ignífugo.

En el suelo de los salones se dispone una moqueta y en las cocinas son losetas de vinilo.

Los equipos de los salones son:

- 7 televisores en el salón de la cubierta principal.
- 4 televisores en el salón de la cubierta superior.
- 1 televisor en el módulo de la tripulación.
- Equipos de internet para el pasaje.
- Mobiliario de madera marina y fijado a la cubierta

Las cocinas se equipan con:

- 1 plancha eléctrica en la cocina principal.
- 2 microondas, una en la cocina principal y otra en el módulo de la tripulación.
- 2 neveras/congelador, una en la cocina principal y otra en el módulo de la tripulación.
- 1 vitrina refrigeradora en el bar.
- Mobiliario de acero inoxidable fijado a la cubierta



11. VENTILACION Y CLIMATIZACION

La ventilación de toda la embarcación se hará de forma natural excepto la cámara de máquinas como bien se ha calculado en el cuaderno 8. En la zona de la habilitación aparte de ventilación natural se climatizará los distintos espacios de uso.

La embarcación se equipa con un sistema de climatización como de calefacción que se encuentra en el pañol 3 de babor. Los compartimentos a los que se le da este servicio son:

- Zona de pasaje
- Aseos
- Módulo de tripulación
- Puente de gobierno

Para estimar la potencia del sistema de climatización es necesario saber el volumen a climatizar.

Compartimento	Volumen (m ³)
Zona de pasaje	1045
Aseos	24.2
Módulo de tripulación	54.6
Puente de gobierno	52.5
TOTAL	1176.3

Tabla 4 - Volumen de ventilación

Cada hora se realizan 10 renovaciones del aire con un 50% de aire fresco. Si la densidad del aire es de 1 kg/m³ se tiene que para renovar un 50% del aire cada hora un caudal de 0.33 m³/s.

Si se estima que la embarcación se climatizará con una temperatura de 25 °C y la temperatura en el exterior son de 35°C de máxima, se tiene que se ha de evacuar 60 kJ/kg, entonces la potencia de equipo climatizador debe ser:

$$P_{cl} = 0.33 \frac{m^3}{s} \times 60 \frac{kJ}{kg} = 19.8 kW$$

Los compresores tienen un rendimiento de 4.5 kW de calor por cada kW eléctrico, por lo tanto, la potencia de los compresores es 4.4 kW. La potencia necesaria del resto de equipos que intervienen como recirculación del agua es aproximadamente un 30% la potencia de los compresores, siendo esta potencia 1.32 kW. Se tiene que la potencia eléctrica del sistema de climatización es:

$$P_{cl} = 5.72 kW \approx 6kW$$



12. BIBLIOGRAFIA

1. Resolución MSC.97(73) "Código Internacional de Seguridad para Naves de Gran Velocidad", diciembre 2000.
2. Lloyd's Register: "Rules and Regulations for the Classification of Special Service Craft". Julio 2019.
3. MARPOL: "Convenio Internacional para Prevenir la Contaminación por los Buques" (2012).
4. SOLAS: "Convenio Internacional para la Seguridad de la Vida Humana en el Mar" (2015).
5. Caterpillar: "Guía de aplicación e instalación marina", 1989.



ANEXOS



ANEXO 1

Especificación técnica balsas salvavidas



APRIL 2020



VIKING IBA for passenger vessels



50 pers. liferaft

VIKING IBA (Inflatable Buoyant Apparatus)

- Fully reversible
- Heavy duty, durable natural rubber
- New innovative boarding ramp for 12-25 person sizes
- Racks and ramps are available for larger sizes
- USCG approved

Size	LOW PROFILE CONTAINER		ROUND CONTAINER	
	Weight	Dimensions L x W x H	Weight	Dimensions L x W x H
12 pers.	61 kg	99 x 67 x 46 cm	61 kg	117 x 64 x 58 cm
25 pers.	95 kg	117 x 71 x 38 cm	95 kg	137 x 66 x 58 cm
50 pers.	179 kg	150 x 76 x 41 cm	179 kg	142 x 81 x 74 cm
100 pers.	-	-	330 kg	155 x 94 x 89 cm
150 pers.	-	-	490 kg	203 x 107 x 107 cm

Storage options



A range of storage options are available for all vessel types. Round containers are for storing large IBA's with rack and ramp options. Flat, low profile containers or easy to carry valises are available for smaller IBA's and liferafts.



Servicing

VIKING has an extensive servicing network throughout the world. We can provide cost-effective service where and when you need it. Contact us for the closest station near you.



VIKING IBA for commercial fishing and offshore support vessels

VIKING IBA (Inflatable Buoyant Apparatus)

- Stored in fiberglass low profile or round container with galvanized cradle or a water resistant valise
- High visibility yellow trim (4-8 person sizes)
- Includes boarding ladder, rescue light and basic equipment pack



	VALISE		LOW PROFILE CONTAINER		ROUND CONTAINER	
Size	Weight	Dimensions L x W x H	Weight	Dimensions L x W x H	Weight	Dimensions L x W x H
4 pers.	27 kg	79 x 36 x 36 cm	33 kg	76x 46 x 33 cm	-	-
6 pers.	27 kg	79 x 36 x 36 cm	32 kg	76x 46 x 33 cm	-	-
8 pers.	31 kg	79 x 36 x 38 cm	37 kg	81 x 56 x 33 cm	-	-
12 pers.	-	-	61 kg	99 x 69 x 46 cm	61 kg	117 x 64 x 58 cm
25pers.	-	-	95 kg	117 x 71 x 38 cm	95 kg	137 x 66 x 58 cm

VIKING LIFE-SAVING EQUIPMENT

Saedding Ringvej 13, DK-6710 Esbjerg V, Denmark
Tel +45 76 11 81 00, VIKING@VIKING.life.com

WWW.VIKING-LIFE.COM



ANEXO 2

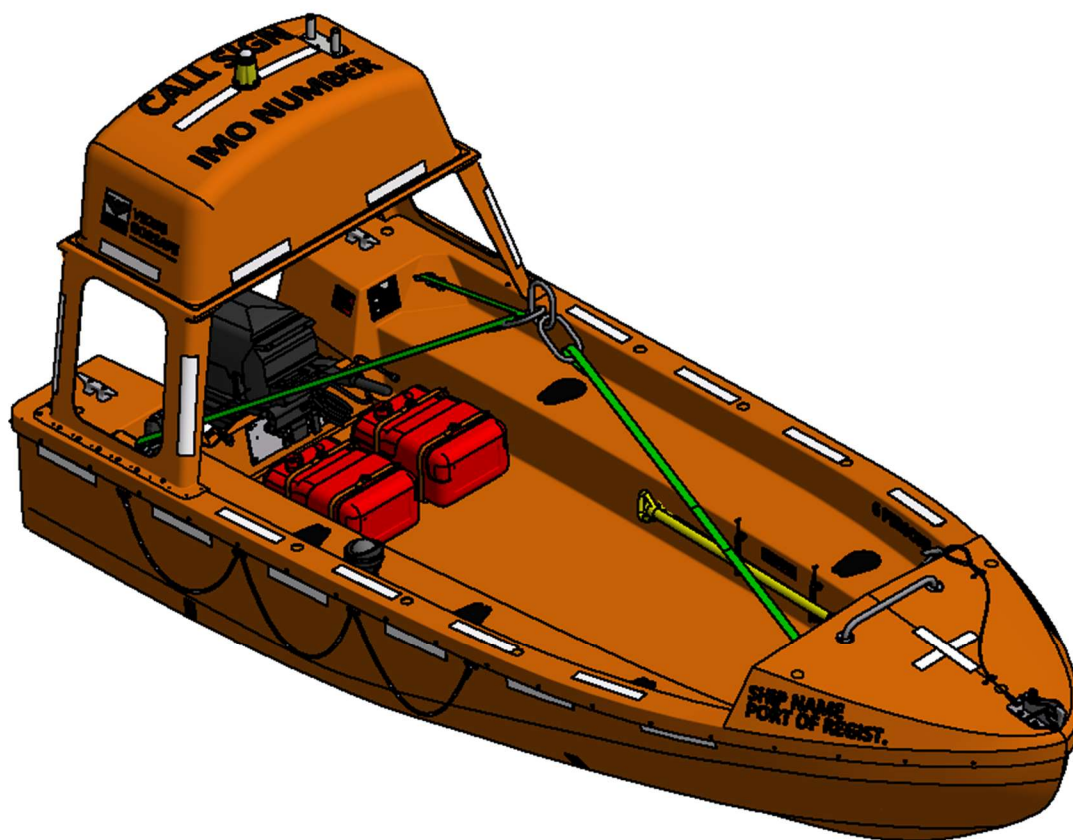
Especificación técnica bote salvavidas



**VIKING
NORSAFE**
Boats and davits

Enterprise No.: NO940411696
www.VIKING-life.com

Matrix-450 MKI, Outboard



TECHNICAL SPECIFICATION

VIKING Norsafe Life-Saving Equipment Norway AS

Tybakken 90, N-4818 Faervik
P.O. Box 115, N-4852 Faervik
Arendal, Norway

VIKING Project No.: TBA

VIKING Doc. No.: TSB-0015

Rev. Date: 8/3/2019

Rev. No: 3

Tel: +47 37 05 85 00

Fax: +47 37 05 85 01

E-mail: VIKING-Norsafe@VIKING-life.com

1. REGULATION AND CERTIFICATION

Applicable rules and regulations

In accordance with IMO/ SOLAS requirements, LSA Code and European Council Directive 2014/90/EU on Marine Equipment (MED)

Certificate

MED

Other certificate

Class certificate or flag acceptance on request

2. BOAT SPECIFICATION

2.1. GENERAL BOAT

Type	Rescue Boat
Model	Matrix-450 MKI Outboard
Length overall	4,50 m
Length on fender	4,50 m
Breadth	1,96 m
Height	1,96 m
Capacity, SOLAS minimum	6 Persons
Capacity, maximum	6 Persons
Weight, fully equipped	505 kg
Davit load, with 6 pers@82,5 kg	1.000kg
Color	Orange (RAL 2004)
Operation temperature:	-15°C till +40°C
Hull/deck material	Fire retardent glass reinforced polyester (GRP)
Buoyancy material	Polyurethane foam
Self-righting frame	Fire retardent glass reinforced polyester (GRP)
Bollards/towing	Aft bollard P & S, painter hook in bow
Steering	Tiller
Deck	Self-bailing
Loose equipment	According to SOLAS

Rescue boat designed and manufactured according to latest SOLAS/IMO requirements.

The rescue boat has excellent reliability, maneuverability, and sea keeping abilities in order to fulfil its prime function - to provide an effective means of search and recovery for persons missing at sea. Design and construction fulfil the need for reliable, low maintenance standby and operation. When installed with an approved davit, the boat fulfils the requirements for rescue boats on commercial vessels.

The boat is further designed to serve the search and rescue role, with deck layout allowing the crew to operate efficiently and comfortably over long time periods. The layout and performance of the boat ensures good diving support, survey and work boat duties.

The hull is a fully planning, giving optimum sea keeping ability at all speeds in all sea conditions.



VIKING Project No.: TBA

VIKING Doc. No.: TSB-0015

Rev. Date: 8/3/2019

Rev. No: 3

The space between hull and inner liner is filled with polyurethane buoyancy foam. If damaged below the waterline, the boat will float at safe level in fully flooded and loaded condition. The boat is self-bailing through two drainage outlets at the stern. The deck has an anti-slip surface. Lifelines are fitted on the gunwale.

Lifting is made by three point arrangement, installed on forward point and aft each side point of the deck. There is a painter hook in bow and bollards on each side astern.

The boat has been designed to provide a protected and safe working environment for the crew, engine and equipment.

2.2 PROPULSION AND PERFORMANCE

Propulsion	Outboard Engine
Engine size	15-25 hp
Speed, with 6 persons	Minimum 6 knots
Bollard pull	Approx. 1~1.5 kN
Propeller protection frame	AISI 316
Cooling system	Sea water circuit cooling
Engine freshwater flushing	Extra flushing equipment
Fuel tank	48~50L
Fuel valves	Quick connector

Typical data – subject to variation in engine installation and specified equipment. Engines of at least 15HP and up to 25HP can be installed. Please note that boat weight, bollard pull and speed are only for reference and may vary with several factors.

2.3. RELEASE SYSTEM

Lifting hook	Three-point lifting slings with ring
Height, keel to lifting point	1.75 m

2.4. ELECTRIC SYSTEM AND NAVIGATION

Electric power supply to boat	12 VDC (Delivered from engine directly)
Electric system voltage	12 VDC
Cables type	Marine type, flame retardant halogen free
Position light	12 VDC on top of self-righting frame
Search light	12 VDC handheld
Compass light	12 VDC inside compass

2.5. DOCUMENTATION

Technical specification boat

According to contract specification



VIKING Project No.: TBA

VIKING Doc. No.: TSB-0015

Rev. Date: 8/3/2019

Rev. No: 3

General arrangement drawing	According to contract specification
Seating plan	According to contract specification
Electrical system drawing	According to contract specification
Product certificate	According to contract specification
Lubrication oil chart	VIKING standard
Spare parts list	VIKING standard
Operation & Maintenance man.	VIKING standard
Lifting arrangement drawing	VIKING standard
SOLAS loose equipment list	VIKING standard
Preservation & storage procedure	VIKING standard

3. PACKING

Packing

Secured in transport cradle

4. OPTIONS

Note: Some options influence weight and performance, some option combinations may be incompatible. Maximum certified weight must not be exceeded.

☒ marking means to be supplied by maker, ☐ marking means not supplied by maker.

GENERAL BOAT

Spare parts for 1 year, 2 years, 5 years or 10 years	<input type="checkbox"/>
Labelling in dual language	<input type="checkbox"/>
Painted railings and hand rails	<input type="checkbox"/>
Collapsible cradle	<input type="checkbox"/>
Embarkation ladder	<input type="checkbox"/>
Winterization/ cold climate heating/ canvas solutions	<input type="checkbox"/>
Other options	<input type="checkbox"/>

PROPULSION AND PERFORMANCE

Tohatsu 15HP, Bollard Pull: 1,1 kN	<input type="checkbox"/>
Tohatsu 18HP, Bollard Pull: 1,22 kN	<input type="checkbox"/>
Tohatsu 25HP, Bollard Pull: 1,5 kN	<input type="checkbox"/>
Norsafe Marine 15HP, Bollard Pull: 1,23 kN	<input type="checkbox"/>
Norsafe Marine 25HP, Bollard Pull: 1,57 kN	<input type="checkbox"/>
Mercury 25HP, Bollard Pull: 1,35 kN	<input type="checkbox"/>

RELEASE SYSTEM

15kN release hook of lifeboat	<input type="checkbox"/>
25kN release hook of liferaft	<input type="checkbox"/>
35kN release hook of lifeboat & liferaft	<input type="checkbox"/>

ELECTRIC SYSTEM AND NAVIGATION

Engine heated canvas	<input type="checkbox"/>
Electrical start	<input type="checkbox"/>
Loose el. cable for ext. power supply	<input type="checkbox"/>
VHF equipment	<input type="checkbox"/>

DOCUMENTATION

Factory acceptance test procedure	<input type="checkbox"/>
Factory acceptance test report	<input type="checkbox"/>
Inspection and test plan	<input type="checkbox"/>
Shipping, handling and lifting procedure	<input type="checkbox"/>
Packing & unpacking procedure	<input type="checkbox"/>
Commissioning procedure	<input type="checkbox"/>
TAG list	<input type="checkbox"/>
Fuel system drawing	<input type="checkbox"/>



**VIKING
NORSAFE**

VIKING Project No.: TBA

Rev. Date: 8/3/2019

VIKING Doc. No.: TSB-0015

Rev. No: 3

Steering system drawing	<input type="checkbox"/>
Engine, propulsion, exhaust and cooling system drawing	<input type="checkbox"/>
Bilge system drawing	<input type="checkbox"/>
Noise test report	<input type="checkbox"/>
Weight and COG datasheet	<input type="checkbox"/>
Weighing report/certificate	<input type="checkbox"/>
Other drawings/documentation/procedures	<input type="checkbox"/>

5. POSSIBLE DAVIT SOLUTIONS

The VIKING Norsafe Midget-500 MKII fits below davit models and variants.

NDA-16	SOLAS
NDSC-25	SOLAS
NDSC-34	SOLAS
NRC-25	SOLAS
NRC-34	SOLAS

Others on request

6. YARD SUPPLY / RESPONSIBILITY

Transport	Depending on contract
Fuel	Marine Gasoline according to engine manual specification
Connection cable	From starter cabinet to rescue boat supply plug



ANEXO 3

Especificación técnica pescante del bote salvavidas



**VIKING
NORSAFE**
Boats and davits

Enterprise No.: NO940411696
www.VIKING-life.com

NRC-25 – Rescue Boat Davit



TECHNICAL SPECIFICATION

VIKING Norsafe Life-Saving Equipment Norway AS
Tybakken 90, N-4818 Faervik
P.O. Box 115, N-4852 Faervik
Arendal, Norway

VIKING Project No.: Standard

VIKING Doc. No.: TSD-0272

Rev. Date: 14.04.2020

Rev. No: 5

Tel: +47 37 05 85 00

Fax: +47 37 05 85 01

E-mail: VIKING-Norsafe@VIKING-life.com

1. REGULATION AND CERTIFICATION

Applicable rules and regulations	In accordance with IMO/ SOLAS requirements, LSA Code and European Council Directive 2014/90/EU on Marine Equipment (MED)
Certificate	MED
Other certificate	Class certificate or flag acceptance on request

2. DAVIT SPECIFICATION

2.1. GENERAL DAVIT

Type	Rescue Boat Davit
Model	NRC-25
Application	Rescue boat & Life raft handling
Drawing reference	G-501658
Execution	Hydraulic slewing arm davit
Boarding position	Inboard / Outboard on deck level
Operating position	From deck side and from inside the boat (Gravity lowering)
Davit system weight (Approx.)	2300 kg, davit incl. winch (dry weight)
Safe Working Load (SWL)	2500 kg (max. 4.5 m slewing radius)
Trim / list conditions	10° / 20°
Max. lowering height	40 m (including 10°/20° trim/list condition)
Operation temperature	-20°C till +45°C (other range on request)
Min. hoisting speed	Hydraulically 18 m/min
Lowering speed	Not less than that obtained from the formula $S=0.4+(0.02H)$, and not exceed 1.3 m/s.
Manual hoisting	By manual hand-cranking
Pivot bearing type	Slewing bearing
Wire sheaves	Galvanized, equipped with ball bearings
Installation	1 (one) deck welding point (reduced installation time)
Deck reinforcement requirements	See general arrangement drawing
Davit system H / W / D	See general arrangement drawing
Deck space required	See general arrangement drawing

The Viking Norsafe NRC slewing davit system is especially designed for safe and efficient launching and retrieval of Viking Norsafe Rescue Boats and life rafts. The davit system is designed for long time operation in a tough and corrosive marine/offshore environment and to fulfil all requirements as given in latest SOLAS/IMO requirements.

The system will allow:

- Hoisting and lowering of the fully loaded rescue boat up to 20° list and 10° trim.
- Gravity lowering of the fully loaded boat up to 20° list and 10° trim, completely independent of any power supply.
- Hoisting of the loaded rescue boat by electric motor.



**VIKING
NORSAFE**

VIKING Project No.: Standard

VIKING Doc. No.: TSD-0272

Rev. Date: 14.04.2020

Rev. No: 5

- Dead ship slewing of the rescue boat by the nitrogen accumulator installed on the davit arm.
- Retrieval of the rescue boat by manual hoisting.
- Manual slewing by hand pump.

The davit system has a hydraulically driven, mechanical slewing jib and an electric driven winch with single wire fall. Slewing and dead ship slewing functions are driven by a small hydraulic power pack. The hydraulic system is equipped with a stored power unit - which allows full operation of the davit in "dead ship" conditions.

The davit is designed to achieve optimum performance in terms of safety and reliability, and minimal maintenance levels. All selected equipment is chosen and installed to ensure the lowest possible emission of sound and for good access for service and repair.

A HPU is included, and is located inside of the davit pedestal. All internal hydraulic piping is properly done and completed on the entire davit system. A remote control for start/stop of el motor on HPU as well as hoisting and slewing control is also included. When the button is released, davit operation will cease immediately. A thermal overload relay in the starter cabinet protects the electrical motor against overheating in case of excessive loads.

A safety valve is installed in the hydraulic power unit. This safety valve prevents the davit from slewing loads in excess of the Safe Working Load and protects the system and motor from being overloaded.

The winch is fitted with a one-way clutch. In the event of power loss during hoisting, the brake will automatically activate and davit motion will stop. A centrifugal brake is located on the winch. The brake controls the speed of descent for the lifeboat. The brake is enclosed, and provides reliable operation in all climate conditions.

Electrical limit switches are used to cut power to the winch, if the boat is hoisted above stowage height.

Electrical limit switches will prevent the boat from being hoisted above its upmost position / stowed position. Electrical limit switches on the winch provide failsafe operation of the hand crank.

For launching in dead ship conditions, stored power from accumulator and gravity lowering system in winch provides safe launching.

Starter cabinet is mounted on HPU as standard. All electrical cables for davit control, included 42V AC to rescue boat when that is needed is installed and terminated by Viking Norsafe. Only main power supply is required.

2.2 WINCH AND WIRE

Type	DW-25 winch
Drawing reference	DS-00712
Execution	Electrical hoisting and lowering / Gravity lowering / Manually hoisting / Manually fast hoisting
Brakes type	Centrifugal brakes
Wire rope type	Galvanized, rotation resistant (certified item)



**VIKING
NORSAFE**

VIKING Project No.: Standard

VIKING Doc. No.: TSD-0272

Rev. Date: 14.04.2020

Rev. No: 5

Wire rope diameter, MBL and spec.	Ø 16 mm, MBL 150 kN, 1960N/mm ²
Inner / outer wire end	Secured to drum / Swaged eye
Connection shackle in thimble	Included (certified item)

2.3. ELECTRICAL

Electric power supply	440V/3ph/60Hz (other on request)
Electrical cabinet	IP56
Remote control	IP56
Limit switch	IP56
Power consumption	11.6 kW (HPU); 11.6 kW (Winch)
Starting method	DOL - Direct on line
Duty rating	S2-10 min
Motor space heating	Included, 40W
Wiring	Included, (only power supply cable required)
Cables type	Marine type, flame retardant halogen free
Transformer	Included, 440/42VAC (other on request)
Emergency stop	Yes, mushroom type

2.4. HYDRAULIC

Type	Independent integrated hydraulic system
Oil flow	22.7 l/min (at 50Hz); 27.4 l/min (at 60Hz)
Max. working pressure	230 bar
Oil amount	110 l
Motor type	132M-4
Hydraulic accumulators	1x Bladder type 40L (120 degree slewing angle)
System fittings	ISO 8434-1 (DIN 2353) bite type fittings
Fittings and hose fittings	Zinc chromate Cr(VI)-free, secured with Denso tape
Tubes	AISI 316L

2.5. PAINTING SYSTEM

Blasting	SA 2.5
Specification	ISO 12944-5
System	Marine paint system (Jotun paint system)
Coating Two (2) layers (other on request)	Layer 1 Penguard universal, Alu - 220 µm Hardtop XP - 80 µm RAL 9016 (Traffic white)
Total dry film thickness	300 µm



**VIKING
NORSAFE**

VIKING Project No.: Standard

Rev. Date: 14.04.2020

VIKING Doc. No.: TSD-0272

Rev. No: 5

2.6. DOCUMENTATION

Technical specification davit	According to contract specification
General arrangement drawing	According to contract specification
Hydraulic flow diagram	According to contract specification
HPU drawing	According to contract specification
Electrical wiring diagram	According to contract specification
Starter cabinet drawing	According to contract specification
Product certificate	According to contract specification
Lubrication oil chart	Viking Norsafe standard
Spareparts list	Viking Norsafe standard
Operation & Maintenance manual	Viking Norsafe standard
Preservation & storage procedure	Viking Norsafe standard

3. PACKING

Format Packed for transport in a 40 ft standard container

4. OPTIONS

Note: Some options influence davit weight and performance, some option combinations may be incompatible. Maximum SWL must not be exceeded.

☒ marking means to be supplied by maker, ☐ marking means not supplied by maker.

GENERAL DAVIT	
Combined rescue / raft davit function (maximum handling of rescue boat and 2 rafts)	<input type="checkbox"/>
Rescue boat release hook	<input type="checkbox"/>
Automatic release raft hook (including triangle plate)	<input type="checkbox"/>
Combined raft-/rescue hook	<input type="checkbox"/>
Winterization / cold climate heating / canvas solutions	<input type="checkbox"/>
Commissioning performed by Viking Norsafe or Viking Norsafe Service Partners	<input type="checkbox"/>
Other options on request	<input type="checkbox"/>
ELECTRIC SYSTEM	
Voltage variation	<input type="checkbox"/>
Protection box for remote control	<input type="checkbox"/>
Ex-proof, Zone II 2 G Ex de IIB T3 (other on request)	<input type="checkbox"/>
Star Δ starting method	<input type="checkbox"/>
Additional electric cabinet heater	<input type="checkbox"/>
Alternative cabinet size / material / surface protection	<input type="checkbox"/>
HYDRAULIC SYSTEM	
Stainless steel fittings and hose fittings	<input type="checkbox"/>



VIKING
NORSAFE

VIKING Project No.: Standard

Rev. Date: 14.04.2020

VIKING Doc. No.: TSD-0272

Rev. No: 5

Stainless steel HPU tank	<input type="checkbox"/>
Alternative HPU size / material / surface protection	<input type="checkbox"/>
HPU heater	<input type="checkbox"/>
Increased accumulator capacity (increased stored power slewing angle, up to max.300 degree)	<input type="checkbox"/>

PAINTING SPECIFICATION

Norsok M-501 system (Viking Norsafe Doc. No. TSS-0030)	<input type="checkbox"/>
Other painting system and final color	<input type="checkbox"/>

SPARE PARTS

Spare parts for Startup / Commissioning	<input type="checkbox"/>
Spare parts for Onboard spare	<input type="checkbox"/>
Spare parts for 1 year	<input type="checkbox"/>
Spare parts for 2 years	<input type="checkbox"/>

DOCUMENTATION

Factory acceptance test procedure	<input type="checkbox"/>
Factory acceptance test report	<input type="checkbox"/>
Inspection and test plan	<input type="checkbox"/>
Shipping, handling and lifting procedure	<input type="checkbox"/>
Packing & unpacking procedure	<input type="checkbox"/>
Commissioning procedure	<input type="checkbox"/>
TAG list	<input type="checkbox"/>
Winch drawing	<input type="checkbox"/>
Noise test report	<input type="checkbox"/>
Weight and COG datasheet	<input type="checkbox"/>
Weighing report/certificate	<input type="checkbox"/>
Other drawings/documentation/procedures	<input type="checkbox"/>

5. POSSIBLE BOAT FITTING THIS DAVIT SYSTEM

The Viking Norsafe boats fit the NRC-25 davit types and variants.

Matrix-450 MKI	Midget-500 MKII
Midget-530 MKII	(Others on request)



VIKING Project No.: Standard

VIKING Doc. No.: TSD-0272

Rev. Date: 14.04.2020

Rev. No: 5

6. YARD SUPPLY / RESPONSIBILITY

Transport	Depending on contract
Deck foundations / reinforcement	
Assembly, erection and welding to deck	
Wire routing on davit and termination	
All cables to starter cabinet and agreed interface	
Hydraulic oil filling	
Testing according to regulation after installation onboard	
Preservation and maintenance after davit arrived yard and installed	



**VIKING
NORSAFE**

VIKING Project No.: Standard

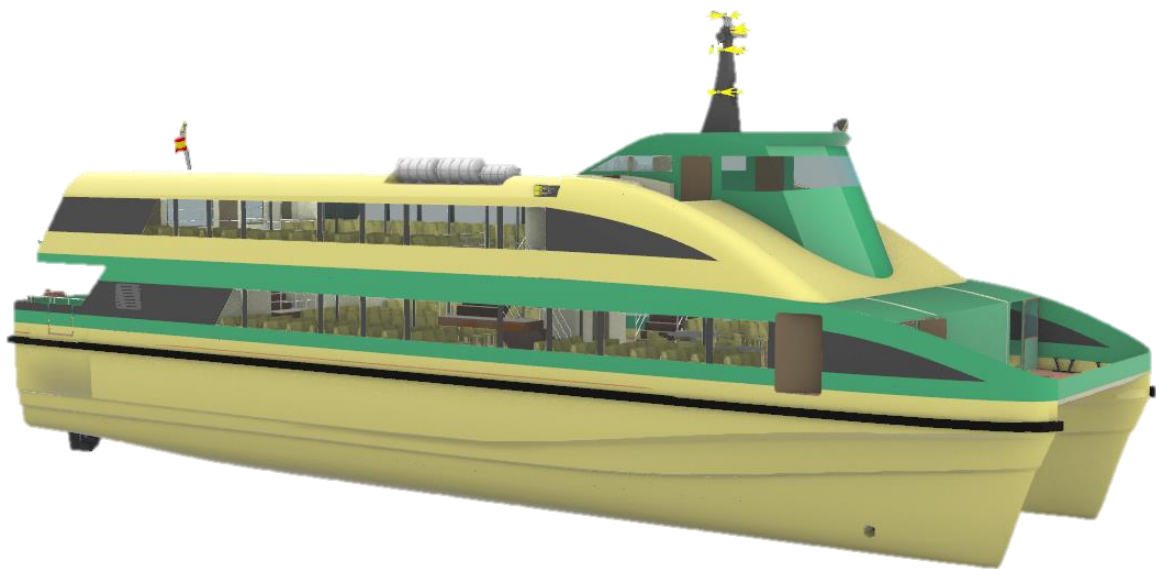
Rev. Date: 14.04.2020

VIKING Doc. No.: TSD-0272

Rev. No: 5

CUADERNO 10

PLANTA ELECTRICA



Autor: Luis Rodríguez Ramos

Tutor: Leandro Ruiz Peñalver



INDICE

1. Especificaciones.....	1
2. Introducción	2
3. Tipo de corriente	3
4. Tensión y frecuencia.....	4
5. Diseño de la planta eléctrica	5
5.1. Fuente de energía eléctrica principal.....	5
5.2. Fuente de energía eléctrica de emergencia	5
6. Alumbrado.....	7
6.1. Alumbrado en recintos interiores	7
6.2 alumbrado en recintos exteriores	7
6.3 luces y señales de navegación.....	8
6.4 alumbrado de emergencia	8
7. Conexión a tierra	9
8. Cableado.....	10
9. Alarmas generales	11
10. Balance eléctrico	12
10.1. Auxiliares de la propulsión	13
10.2. Equipos de navegación y comunicaciones	13
10.3. Ventilación y climatización.....	14
10.4. Servicios de bar, cocinas y aseos.....	14
10.5. Alumbrado.....	15
10.6. Varios.....	15
10.7. Resumen.....	16
11. Elección del grupo generador	17
12. Sistema de emergencia	19



13. Bibliografía	20
------------------------	----

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Características generadores.....	17
Figura 2 - Vista generadores	17

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 - Alumbrado en recintos interiores	7
Tabla 2 - Alumbrado en recintos exteriores.....	7
Tabla 3 - - Alumbrado de emergencia	8
Tabla 4 - Balance eléctrico de los auxiliares de la propulsión.....	13
Tabla 5 - Balance eléctrico de los equipos de navegación y comunicaciones	13
Tabla 6 - Balance eléctrico de la ventilación y climatización	14
Tabla 7 - Balance eléctrico de los servicios de bar, cocinas y aseos	14
Tabla 8 - Balance eléctrico del alumbrado	15
Tabla 9 - Balance eléctrico de varios.....	15
Tabla 10 - Resumen de balance eléctrico.....	16
Tabla 11 - Resumen de potencias	18



1. ESPECIFICACIONES

- Clasificación: Lloyds Register
- Pasajeros: 300
- Velocidad crucero: 24 nudos
- Autonomía: 450 millas náuticas
- Material constructivo: GRP
- Aspectos adicionales: Estudio por elementos finitos de los elementos estructurales más importantes.



2. INTRODUCCION

Con los distintos equipos y servicios dimensionados se deben calcular las necesidades energéticas que demanda la embarcación. Y así poder diseñar de la planta eléctrica que necesita la embarcación.

Además de los equipos y servicios diseñados anteriormente, es necesario diseñar el conjunto de elementos que se alimentan de energía eléctrica como el alumbrado, las luces de navegación o los equipos de climatización.

En este cuaderno, por tanto, se va a realizar el estudio y el balance eléctrico de la embarcación.



3. TIPO DE CORRIENTE

Este tipo de embarcaciones están dotadas por corriente alterna trifásica. La corriente trifásica se capaz de aportar un gran suministro de potencia eléctrica, en cambio, la corriente monofásica es más utilizada en embarcaciones menores. Aparte de aporte de potencia, la corriente trifásica tiene una serie de ventajas que se describen a continuación:

- Grupos generadores y motores eléctricos más económicos.
- Menores pesos en los equipos de generación de potencia.
- Menores empachos en los equipos de generación de potencia.
- Equipos más robustos y mantenimientos menos costosos.
- Suministro de la red portuaria.
- Mayor rango de tensiones y mayor control de la velocidad.



4. TENSION Y FRECUENCIA

Las tensiones y frecuencias a utilizar se deben principalmente a la zona de operación de la embarcación. Al operar en Europa la tensión y frecuencia establecidas son 400 V y 50 Hz.

Hay que diferenciar los diferentes usos de la electricidad en la embarcación:

Corriente alterna a 230 V

- Alumbrado general
- Bombas de servicios generales
- Enchufes
- Cargador de baterías
- Equipos electrodomésticos
- Aire acondicionado
- Molinetes
- Ventilación de máquinas
- Hélice de maniobra

Corriente alterna con rectificador a 24 V

- Luces y aparatos de navegación
- Equipos de puente
- Equipos de control general
- Equipos de comunicaciones
- Servicios de emergencia
- Motor de arranque del generador de emergencia



5. DISEÑO DE LA PLANTA ELECTRICA

La planta eléctrica debe estar diseñada con el objetivo principal de cubrir toda la potencia requerida por la embarcación en las condiciones de máximo consumo. Además, también debe cubrir todos los servicios eléctricos que sean necesarios para mantener la nave en condiciones normales de funcionamiento y habitabilidad sin necesitar de recurrir a la fuente de energía de emergencia. También, debe tener la capacidad de mantener los servicios esenciales para la seguridad en diversas situaciones de emergencia.

Aparte de lo mencionado anteriormente para el buen funcionamiento de la planta eléctrica, un buen diseño consta también de salvaguardar la seguridad de los pasajeros, la tripulación y la nave por lo que respecta a riesgo de naturaleza eléctrica.

La planta eléctrica de la embarcación se divide principalmente en dos:

5.1. Fuente de energía eléctrica principal

Se diseñará una planta de energía principal con capacidad suficiente para alimentar a todos los servicios en condiciones normales. Cada embarcación de alta velocidad debe tener por lo menos dos grupos electrógenos y se sitúan en cada una de las cámaras de máquinas.

Cada grupo electrógeno debe tener la capacidad mínima de cubrir los servicios operacionales normales de propulsión y seguridad. Además, deben tener condiciones mínimas de habitabilidad como cocina, calefacción, refrigeración, ventilación y los sistemas de agua dulce y sanitaria.

5.2. Fuente de energía eléctrica de emergencia

La embarcación debe tener una fuente de energía eléctrica de emergencia autónoma. Esta fuente, como la fuente transitoria de energía de emergencia, el cuadro de distribución de emergencia y el cuadro de distribución del alumbrado se ubican encima de la flotación.

Los sistemas de energía eléctrica principal y los de energía eléctrica de emergencia deben estar los más separados posible tanto horizontalmente como verticalmente. Los sistemas de energía principal se encuentran en la cámara de máquinas mientras las baterías de acumuladores del sistema de energía de emergencia se sitúan en el techo del puente. A modo que el cuadro de distribución de emergencia se sitúe lo más cerca de las baterías, este se dispone en el puente de navegación.

Las baterías acumuladoras deben tener la capacidad de:

Durante un periodo de 12 horas:

- Luces indicadoras de nave sin gobierno

Durante un periodo de 5 horas:

- Alumbrado de emergencia en puestos de estiba, preparación, puesta a flote y despliegue de embarcaciones de emergencia y los equipos requeridos para el embarco de las mismas.



- Alumbrado en las vías de evacuación.
- Alumbrado en los espacios públicos.
- Alumbrado en los espacios de máquinas y equipos eléctricos de emergencia.
- Alumbrado en los puestos de control.
- Alumbrado en los puestos de bombero.
- Alumbrado en los puestos de gobierno.
- Luces de navegación principales.
- Equipo de comunicación interno entre tripulación y pasaje.
- Los sistemas de detección de incendios y de alarma general.
- Los dispositivos de telemando de los sistemas de extinción de incendios.
- Instalaciones radioeléctricas de la nave
- Instrumentos y mandos esenciales de la maquinaria propulsora.

Durante un periodo de 4 horas de forma intermitente:

- Lámparas de señales diurnas, si no están alimentadas independientemente.
- El silbato de la nave, si es de accionamiento eléctrico.

Durante un periodo 10 minutos:

- Las unidades impulsoras de los dispositivos de control direccional, incluidas las exigidas para proporcionar el empuje de marcha adelante o marcha atrás.



6. ALUMBRADO

El alumbrado en una embarcación de pasaje es un sistema que requiere un gran consumo eléctrico. Con el alumbrado LED este consumo ha disminuido entre un 80 y un 90% de la potencia. Además, de la ventaja del consumo energético, las luces LED tienen una alta duración, trabaja con baja tensión lo que aumenta la seguridad de la embarcación, son más resistentes, emiten una luz de mayor calidad y reducen las emisiones de CO₂.

El alumbrado de la embarcación puede dividirse en 3 bloques:

- Alumbrado de recintos interiores
- Alumbrado de recintos exteriores
- Luces y señales de navegación

6.1. Alumbrado en recintos interiores

Siguiendo índices de iluminación en embarcaciones se diseña el alumbrado interior según el local de la embarcación y la superficie del mismo.

Local	Superficie m ²	Lúmenes / m ²	Lúmenes lm	Potencia W
Salones	370.0	450	166500	950
Aseos	12.7	220	2794	16
Cocina	14.9	650	9685	55
Pasillos y escaleras	20.0	500	10000	57
Zona equipajes	20.3	200	4060	23
Puente navegación	22.1	400	8840	50
Espacios de máquinas	69.4	1200	83280	475
Pañoles y espacios vacíos	120.8	300	36240	207
TOTAL			321399	1832

Tabla 1 - Alumbrado en recintos interiores

6.2 Alumbrado en recintos exteriores

Las zonas exteriores son zonas que requieren de gran visibilidad porque son zonas donde se encuentran los equipos de amarre, zonas de evacuación o zonas de evacuación.

Local	Superficie m ²	Lúmenes / m ²	Lúmenes lm	Potencia W
Zona reunión popa	40.7	700	28490	162
Zona proa amarre	29.3	850	24905	142
Alas del puente	8.0	500	4000	23
Zona evacuación	75.0	600	45000	257
Solarium	19.6	300	5880	34
TOTAL			108275	618

Tabla 2 - Alumbrado en recintos exteriores



6.3 Luces y señales de navegación

Siguiendo el Reglamento Internacional para Prevenir los Abordajes en la Mar, en la embarcación se instala las siguientes luces de navegación.

- 2 luces de tope blancas de 6 W.
- 2 luces de costado verdes en estribor de 6 W.
- 2 luces de costado rojas en babor de 6 W.
- 2 luces de alcance blancas en popa de 6 W
- 1 luz de todo horizonte de 12 W.
- 2 luces de sin gobierno rojas de 12 W
- 1 luz centelleante de todo horizonte amarilla de 12 W
- 5 proyectores de 200W

La potencia total consumida por las luces de navegación es de 1096 W.

Las luces de navegación están alimentadas por la red de 24 V, este es debido a que se encuentran en el exterior y en caso de tener que manipularlas en mitad de la navegación, la 24 de 24 V es suficientemente segura de cara a evitar riesgo a la tripulación.

6.4 Alumbrado de emergencia

Siguiendo el Reglamento Internacional para Prevenir los Abordajes en la Mar, en la embarcación se instala las siguientes luces de navegación.

Zona	Número	Potencia unitaria W	Potencia total W
Locales bajo cubierta principal	16	3	48
Cubierta principal	20	3	60
Cubierta superior	12	3	36
Luces de navegación			1096
TOTAL			1240

Tabla 3 - - Alumbrado de emergencia



7. CONEXIÓN A TIERRA

La conexión a tierra se realiza por medio de un armario estanco situado a el local del servo de babor. Este armario dispone de un indicador de secuencias de fases, un indicador de tensión y otro de corte de alimentación al circuito.

Todos los aparatos eléctricos deben estar puestas a tierra por medio de un conductor unifilar de cobre y derivan en dicho armario, el cual, estará conectado a una placa metálica por fuera del casco. Esta placa es de bronce sinterizado debido a la gran capacidad de descarga ante posibles fugas de corrientes.



8. CABLEADO

Todos los materiales y aparellaje eléctrico utilizados han debido estar homologados por la sociedad de clasificación para uso marino. En particular, los cables eléctricos utilizados serán con forro y tanto aislantes como forro serán autoextinguibles apto para temperaturas de hasta 80°C.

Todo el tendido eléctrico se hará a través de canaletas metálicas o tubo homologado de uso marino.



9. ALARMAS GENERALES

Todas las alarmas nombradas en el 'Cuaderno 9 de Equipos y Servicios' están conectadas a la red de corriente alterna con 24 V de tensión.



10. BALANCE ELECTRICO

Para definir el grupo electrógeno es preciso conocer la potencia requerida por los distintos sistemas y equipos de la embarcación, para ellos se han dividido los distintos sistemas y equipos en varios grupos.

- Auxiliares de la propulsión
- Equipos de navegación y comunicaciones
- Alumbrado
- Ventilación y climatización
- Servicios de bar, cocina y aseos
- Varios

Cada uno de estos grupos es estudiado en diferentes situaciones de consumo. Estos regímenes de consumo son los siguiente:

1. Buque navegando en condiciones normales
2. Buque en puerto
3. Buque en maniobra de atraque y desatraque
4. Buque durante el embarque y desembarque de pasajeros

A cada uno de estos grupos en las diferentes situaciones se le aplica un facto K, que relaciona el uso en tiempo del consumidor con el régimen de funcionamiento de cada consumidor. A continuación, se muestra el balance eléctrico de los distintos consumidores de la embarcación.



Cuaderno 10 – Planta eléctrica

10.1. Auxiliares de la propulsión

Descripción consumidores	N°	En uso	P. unitaria W	P. total W	P. Servicio W	Navegación		Puerto		Atrake/Desatrake		Embarque/Desembarque	
						Ksr	W	Ksr	W	Ksr	W	Ksr	W
Bombas de achique	24	2	3500	84000	7000	0.8	5600	0.8	5600	0.8	5600	0.8	5600
Grupo separador de sentinas	1	1	370	370	370	0.8	296	0.0	0	0.5	185	0.0	0
Bomba contraincendio	2	1	3500	7000	3500	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0
Bombas del servo	2	1	400	800	400	0.9	360	0.0	0	1.0	400	0.0	0
Helice de maniobra	1	1	30000	30000	30000	0.0	0	0.0	0	1.0	30000	0.0	0
TOTAL							6256		5600		36185		5600

Tabla 4 - Balance eléctrico de los auxiliares de la propulsión

10.2. Equipos de navegación y comunicaciones

Descripción consumidores	N°	En uso	P. unitaria W	P. total W	P. Servicio W	Navegación		Puerto		Atrake/Desatrake		Embarque/Desembarque	
						Ksr	W	Ksr	W	Ksr	W	Ksr	W
Indicadores de navegación	1	1	600	600	600	1	600	0.5	300	1	600	0.5	300
Girocompás	1	1	1000	1000	1000	1	1000	0.3	300	1	1000	0.3	300
Comunicaciones interiores	1	1	900	900	900	1	900	0	0	1	900	0	0
Equipo GPS	1	1	1000	1000	1000	1	1000	1	1000	1	1000	1	1000
Ecosonda	1	1	1600	1600	1600	1	1600	0.3	480	1	1600	0.3	480
Radio	3	1	2000	6000	6000	1	6000	0.7	4200	1	6000	0.7	4200
Radar	1	1	1100	1100	1100	1	1100	1	1100	1	1100	1	1100
Cargadores de baterías	2	1	3000	6000	6000	1	6000	1	6000	1	6000	1	6000
TOTAL							18200		13380		18200		13380

Tabla 5 - Balance eléctrico de los equipos de navegación y comunicaciones



10.3. Ventilación y climatización

Descripción consumidores	N°	En uso	P. unitaria W	P. total W	P. Servicio W	Navegación		Puerto		Atrake/Desatrake		Embarque/Desembarque	
						Ksr	W	Ksr	W	Ksr	W	Ksr	W
Ventilación cámara de máquinas	2	2	4316	8632	8632	1.0	8632	0.4	3452.8	1.0	8632	0.3	2589.6
Climatización habitación	1	1	6000	6000	6000	1.0	6000	0.0	0	1.0	6000	0.4	2400
TOTAL							14632		3452.8		14632		4989.6

Tabla 6 - Balance eléctrico de la ventilación y climatización

10.4. Servicios de bar, cocinas y aseos

Descripción consumidores	N°	En uso	P. unitaria W	P. total W	P. Servicio W	Navegación		Puerto		Atrake/Desatrake		Embarque/Desembarque	
						Ksr	W	Ksr	W	Ksr	W	Ksr	W
Planchas electricas	1	1	7000	7000	7000	0.4	2800	0.0	0	0.0	0	0.0	0
Electrodomesticos varios	3	3	5000	15000	15000	1.0	15000	1.0	15000	0.8	12000	0.8	12000
Ventilación cocina	1	1	250	250	250	0.6	150	0.0	0	0.1	25	0.2	50
Ventilación baños	7	7	50	350	350	0.7	245	0.0	0	0.7	245	0.7	245
Calentador de agua	1	1	2400	2400	2400	1.0	2400	0.2	480	0.8	1920	0.8	1920
Grupo hidróforo de agua dulce	1	1	800	800	800	0.8	640	0.1	80	0.7	560	0.7	560
Grupo hidróforo de agua salada	1	1	800	800	800	0.8	640	0.1	80	0.7	560	0.7	560
TOTAL							21875		15640		15310		15335

Tabla 7 - Balance eléctrico de los servicios de bar, cocinas y aseos



Cuaderno 10 – Planta eléctrica

10.5. Alumbrado

Descripción consumidores	N°	En uso	P. unitaria W	P. total W	P. Servicio W	Navegación		Puerto		Atrake/Desatrake		Embarque/Desembarque	
						Ksr	W	Ksr	W	Ksr	W	Ksr	W
Zona de pasaje, servicios y puente	77	77	15	1155	1155	1.0	1155	0.5	577.5	1.0	1155	1.0	1155
Espacios de máquinas	8	4	60	480	1920	0.1	192	0.8	1536	0.1	192	0.3	576
Locales vacíos	14	2	15	210	420	0.1	42	0.8	336	0.1	42	0.3	126
Iluminación exterior	1	1	620	620	620	1.0	620	0.5	310	1.0	620	0.8	496
Luces navegación	1	1	1240	1240	1240	1.0	1240	0.1	124	1.0	1240	0.5	620
Luces emergencia	1	1	1500	1500	1500	0.0	0	0.1	150	0.1	150	0.1	150
TOTAL							3249		3033.5		3399		3123

Tabla 8 - Balance eléctrico del alumbrado

10.6. Varios

Descripción consumidores	N°	En uso	P. unitaria W	P. total W	P. Servicio W	Navegación		Puerto		Atrake/Desatrake		Embarque/Desembarque	
						Ksr	W	Ksr	W	Ksr	W	Ksr	W
Molinete de anclas	1	1	1700	1700	1700	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0
Pescante del bote de rescate	1	1	11600	11600	11600	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0
Alarmas varias	10	10	60	600	600	0.3	180	0.1	60	0.3	180	0.1	60
Equipos en los salones	12	12	90	1080	1080	1.0	1080	0.0	0	1.0	1080	1.0	1080
TOTAL							1260		60		1260		1140

Tabla 9 - Balance eléctrico de varios



10.7. Resumen

Descripción consumidores	Navegacion	Puerto	Atrake / Desatraque	Embarque / Desembarque
Auxiliares de la propulsión	6256	5600	36185	5600
Equipos de navegación y comunicaciones	18200	13380	18200	13380
Ventilación y climatización	3453	3453	14632	4990
Servicio de bar, cocina y aseos	21875	15640	15310	15335
Alumbrado	3249	3034	3399	3123
Varios	1260	60	1260	1140
TOTAL W	54293	41166	88986	43568
TOTAL kW	54.29	41.17	88.99	43.57

Tabla 10 - Resumen de balance eléctrico



11. ELECCION DEL GRUPO GENERADOR

En la tabla anterior se observa que la demanda máxima se produce para la situación de 'Atrake/Desatrake' con un consumo de 88.99 kW. La embarcación debe llevar dos grupos capaces de alimentar cada uno de ellos la demanda máxima. Esto hace que cada grupo funciones como el de emergencia del otro y viceversa.

El motor auxiliar que se ha seleccionado ha sido Caterpillar c4.4, en el ANX-2 del 'Cuaderno 8' se pueden ver la especificación técnica del grupo.

CARACTERISTICAS GENERALES		
Marca	Caterpillar	
Modelo	C4.4	
Potencia nominal	99/123	kW/kVA
Voltios	240	V
Frecuencia de operación	50	Hz
Fases	trifásica	
Revoluciones	1500	rpm
Peso en vacío	1015	kg

Figura 1 - Características generadores



Figura 2 - Vista generadores



Este grupo se ha elegido debido que es el que mejor se adapta a los requerimientos de potencia para una frecuencia de 240 V a 50 Hz. El resto de los grupos estudiados con potencias similares trabajan a 120 V y 60 H.

Entre las ventajas de este grupo destaca la baja relación peso/potencia y teniendo en cuenta que desde la fase de diseño de la embarcación, se vio que de los principales problemas era el exceso de peso en popa. Con este grupo electrógeno se consigue disminuir el peso a popa.

Situaciones	P. requerida kW	P. instalada kW	Régimen
Navegación	54.3	99.0	54.8%
Puerto	41.2	99.0	41.5%
Atraque / Desatraque	89.0	99.0	89.9%
Embarque / Desembarque	43.6	99.0	44.0%

Tabla 11 - Resumen de potencias

El grupo electrógeno funcionará al 90 % durante el atraque y el desatraque, esto es una maniobra corta en tiempo y de poca frecuencia. Lo que es totalmente permisible ese régimen de potencia.



12. SISTEMA DE EMERGENCIA

El sistema de emergencia del buque está compuesto por el segundo grupo electrógeno y las baterías. Las baterías deben dar servicio el tiempo entre el apagado de un grupo y el encendido del otro. A esta batería de acumuladores se le llama fuente transitoria de energía eléctrica. Se estima que el periodo de transito dura unos 30 minutos aproximadamente.

Los sistemas y equipos que están conectados a la fuente transitoria de energía son únicamente el alumbrado de emergencia que se calculó en la tabla 3 y es el equivalente a 1.24 kW.

Dado que la tensión del alumbrado de emergencia son 24 V se tiene que la capacidad de la batería es:

$$q = \frac{P \times t}{V} = \frac{1240 \text{ W} \times 1800 \text{ s}}{24 \text{ V}} = 25.83 \text{ Ah}$$

Las baterías comerciales son de 12 V, por lo que con 2 baterías de 50 Ah es suficiente como fuente transitoria de energía. Estas baterías están situadas en el puente de mando.

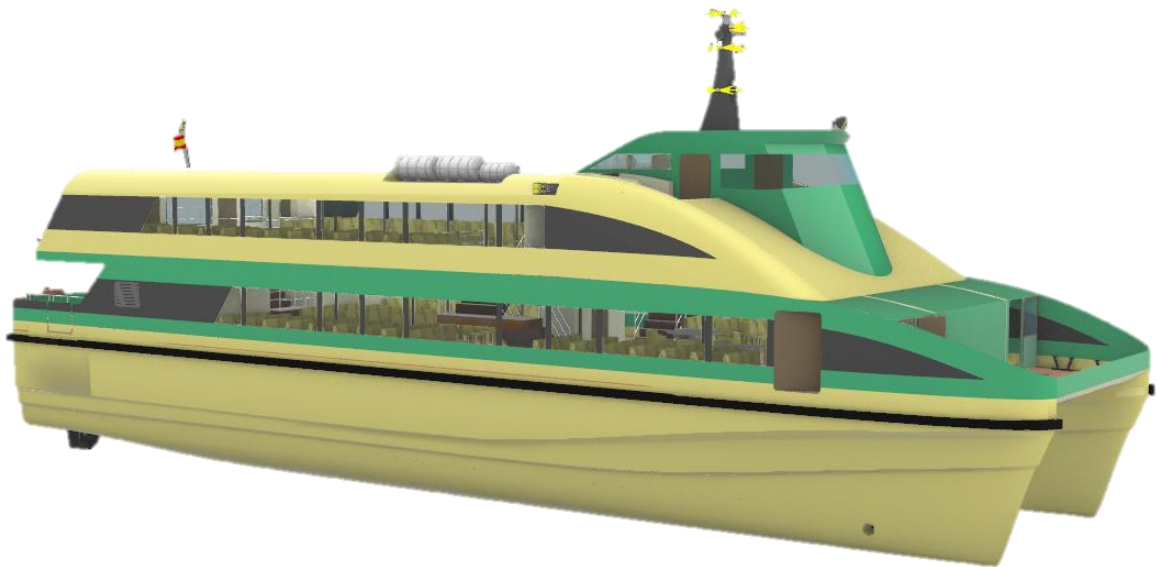


13. BIBLIOGRAFIA

1. Resolución MSC.97(73) "Código Internacional de Seguridad para Naves de Gran Velocidad", diciembre 2000.
2. Lloyd's Register: "Rules and Regulations for the Classification of Special Service Craft". Julio 2019.
3. SOLAS: "Convenio Internacional para la Seguridad de la Vida Humana en el Mar" (2015).
4. Caterpillar: "Guía de aplicación e instalación marina", 1989.
5. Terrados Valderas Marina, Zorzo Benito Alejandro: "Ferry Pasaje, Proyecto nº 1575"
6. Sopranis Velasco Roque: "Catamarán para transporte de pasaje en aguas abrigadas"

CUADERNO 11

PESOS EN ROSCA Y CENTRO DE GRAVEDAD



Autor: Luis Rodríguez Ramos

Tutor: Leandro Ruiz Peñalver



INDICE

1. Especificaciones.....	1
2. Introducción	2
3. Peso estructural	3
3.1. Peso estructural de la plancha	4
3.2. Peso estructural de los refuerzos	5
4. Peso de equipo, maquinaria y sistemas	7
4.1. Peso de los equipos, maquinaria y sistemas	8
5. Peso de habilitación	11
5.1. Peso de habilitación	12
6. Peso en rosca y centro de gravedad	13
7. Bibliografía	14



INDICE DE TABLAS

Tabla 1 - Peso estructural de la plancha 4

Tabla 2 - Peso estructural de los refuerzos 5

Tabla 3 - Pesos y c.d.g. estructural totales..... 6

Tabla 4 - Peso de los equipos, maquinaria y sistemas 9

Tabla 5 - Pesos de la habilitación 12

Tabla 6 - Pesos en rosca y c.d.g. 13



1. ESPECIFICACIONES

- Clasificación: Lloyds Register
- Pasajeros: 300
- Velocidad crucero: 24 nudos
- Autonomía: 450 millas náuticas
- Material constructivo: GRP
- Aspectos adicionales: Estudio por elementos finitos de los elementos estructurales más importantes.



2. INTRODUCCION

Una vez que se ha diseñado el conjunto de la embarcación siendo este, estructura, propulsor y los distintos equipos y servicios. Se procede al cálculo del peso en rosca y de los centros de gravedad.

Principalmente el conjunto de estos pesos se distribuye en:

- Pesos de la estructura
- Pesos de los equipos, maquinaria y sistemas
- Pesos de la habilitación

Una vez se haya estimado el peso en rosca y los centros de gravedad finales, se procede al cálculo de la estabilidad y las condiciones de cargas en el último cuaderno.



3. PESO ESTRUCTURAL

El peso estructural se ha calculado siguiendo la densidad de cada elemento obtenido en el 'cuaderno 6'. En los elementos tipo plancha se ha utilizado el peso por unidad de área, en cambio, para los elementos tipos omegas, se ha utilizado el peso por unidad de longitud. Aparte, también se ha calculado el peso de los puntales de aluminio, siguiendo el mismo razonamiento que en las planchas de forro.

En el peso estructural de las planchas monolíticas del forro, se asocia el peso de la resina y de la fibra. Dependiendo del número de capas y del tipo de fibra, el peso, y por tanto, la densidad del material varía. En cuanto a los mamparos, además del peso de la resina y de la fibra, hay que añadirle el peso del núcleo.

El peso en los refuerzos tipo omega es muy similar a lo anterior, aunque es cierto que se usan fibras de mayor gramaje, lo que genera, una mayor densidad del material. Además, hay que contar el peso de la resina y del núcleo del refuerzo.

Cabe recordar que en el 'cuaderno 2' se calcularon los pesos estructurales de forma preliminar, obteniéndose los siguientes pesos:

Peso estructural:	29.05 tn
Centro de gravedad longitudinal:	13.44 m
Centro de gravedad vertical:	3.19 m

En las siguientes tablas se muestran los pesos estructurales de las planchas y de los refuerzos de la embarcación:



3.1. Peso estructural de la plancha

Zona estructural	Miembro estructural	Número de elemento	Area m ²	Densidad kg/m ²	Peso Tn	XG	ZG	Mto. X	Mto. Z
Fondo	Forro	1	244.5	21.61	5.28	11.68	0.47	61.72	2.49
	Quilla	4	19.62	13.51	0.27	11.49	0.24	3.05	0.06
	Roda	-	2.81	8.2	0.02	32.30	0.13	0.74	0.00
Doble fondo	Forro	5	98.64	16.81	1.66	11.68	1.06	19.36	1.76
Costado interior	Forro	8	39.92	17.61	0.70	11.94	1.95	8.39	1.37
Costado exterior	Forro	11	84.06	17.61	1.48	11.82	2.58	17.50	3.82
Túnel	Forro	14	139.6	16.61	2.32	11.95	2.84	27.70	6.59
Cubiertas	Forro Cbta. Principal Intemperie	17	69.72	14	0.98	11.51	3.68	11.23	3.60
	Forro Cbta. Principal interior	18	260	11.2	2.91	11.83	3.68	34.46	10.73
	Forro Cbta. Superior	19	270	10.8	2.92	11.63	6.13	33.91	17.87
Superestructura	Forro Costado	25	245.1	10	2.45	11.77	6.68	28.85	16.36
	Forro Techo	26	211.2	10	2.11	11.67	8.79	24.64	18.57
	Puntales	32	13.1	10.8	0.14	11.49	6.08	1.63	0.86
Mamparos	Forro Transversal	33	67.09	10.8	0.72	16.59	2.29	12.02	1.66
	Forro Longitudinal	34	82.36	12	0.99	16.45	3.02	16.26	2.98
	Forro Colisión	35	11.82	10.8	0.13	31.97	2.51	4.08	0.32
TOTAL					25.08	12.18	3.55	305.54	89.05

Tabla 1 - Peso estructural de la plancha



3.2. Peso estructural de los refuerzos

Zona estructural	Miembro estructural	Número de elemento	Longitud m	Densidad kg/m	Peso Tn	XG	ZG	Mto. X	Mto. Z
Fondo	Eslora	2	134.28	6.63	0.89	11.73	0.54	10.44	0.48
	Bulárcama	3	139.88	7.75	1.08	11.52	0.57	12.49	0.62
Doble fondo	Eslora	6	82.04	2.98	0.24	11.69	0.97	2.86	0.24
	Bao	7	65.98	4.55	0.30	11.73	0.96	3.52	0.29
Costado interior	Eslora	9	66.5	6.63	0.44	11.79	2.21	5.20	0.97
	Bulárcama	10	40.4	7.75	0.31	11.62	1.84	3.64	0.58
Costado exterior	Eslora	12	202.06	6.63	1.34	11.80	2.76	15.81	3.69
	Bulárcama	13	116.34	7.75	0.90	11.66	2.44	10.51	2.20
Túnel	Eslora	15	169.95	7.2	1.22	11.69	2.87	14.30	3.51
	Bulárcama	16	98.16	6.82	0.67	11.62	2.83	7.78	1.89
Cubiertas	Eslora crujía Cbta. Principal	20	33.99	6.94	0.24	11.76	3.60	2.77	0.85
	Eslora Cbta. Superior	21	25.7	7.85	0.20	11.54	6.17	2.33	1.25
	Eslora Cbta. Superior (2.70 m)	22	51.4	12.56	0.65	11.54	6.17	7.45	3.98
	Bao Cbta. Principal	23	223.68	7.02	1.57	11.70	3.59	18.36	5.64
	Bao Cbta. Superior	24	177.66	7.15	1.27	11.64	6.17	14.78	7.83
Superestructura	Eslora Costado	27	272.32	2.77	0.75	11.60	5.61	8.75	4.23
	Eslora crujía Techo	28	25.7	2.78	0.07	11.51	8.71	0.82	0.62
	Eslora Techo (2.70 m)	29	51.4	3.98	0.20	11.51	8.71	2.36	1.78
	Cuaderna	30	186	4.33	0.81	11.62	6.31	9.36	5.08
	Bao Techo	31	87.55	4.33	0.38	11.47	8.66	4.35	3.28
Mamparos	Refuerzo Transversal	36	60.88	4.78	0.29	16.66	1.68	4.85	0.49
	Refuerzo Colisión	37	5.49	4.78	0.03	31.97	1.92	0.84	0.05
TOTAL					13.86	11.80	3.57	163.58	49.56

Tabla 2 - Peso estructural de los refuerzos



De las anteriores tablas se obtienen el peso y el centro de gravedad de la estructura:

Zona estructural	Peso Tn	XG	ZG	Mto. X	Mto. Z
Peso del forro	25.08	12.18	3.55	305.54	89.05
Peso de los refuerzos	13.86	11.80	3.57	163.58	49.56
TOTAL	38.94	12.05	3.56	469.12	138.61

Tabla 3 - Pesos y c.d.g. estructural totales

Con respecto a la estructura estimada en el 'cuaderno 2' se ha aumentado un 25% el peso de la misma. Esta grande diferencia se achaca al tipo de buque desarrollado. Como bien se ha comentado en anteriores cuadernos, apenas se conocen datos de estos buques y la estructura de los mismos es extremadamente confidencial por cada astillero. Los astilleros con el paso del tiempo han conseguido optimizar la estructura de estos catamaranes hasta reducir el peso al máximo.

Debido a la anterior reflexión, el peso estructural de la embarcación se puede dar por aceptable.



4. PESO DE EQUIPO, MAQUINARIA Y SISTEMAS

En el peso de equipos, maquinaria y sistemas se han incluido todos aquellos pesos que conciernen a los sistemas propulsores, sistema de maniobrabilidad, sistema de exhaustación, sistemas de achique, sistema contra incendios, sistema de ventilación, sistema de amarre y fondeo y sistema de navegación y comunicaciones. Todos los sistemas nombrados anteriormente se han calculado y diseñado en los cuadernos anteriores según el código de embarcaciones de alta velocidad, la sociedad de clasificación, MARPOL y SOLAS.

La estimación de pesos de los equipos, maquinarias y sistemas se ha realizado a raíz de los datos obtenidos por los diferentes fabricantes o estimaciones en base a la experiencia.

En el 'cuaderno 2' se calcularon los pesos de equipos y maquinaria de forma preliminar, obteniéndose los siguientes pesos:

Peso equipos y maquinaria:	28.30 tn
Centro de gravedad longitudinal:	8.76 m
Centro de gravedad vertical:	2.47 m

En las siguientes tablas se muestran los pesos de los equipos, maquinarias y sistemas:



Cuaderno 11 – Peso en rosca y centro de gravedad

4.1. Peso de los equipos, maquinaria y sistemas

Equipos, maquinarias y sistemas	Peso unitario Tn	Número elementos	Peso Total Tn	XG	ZG	Mto. X	Mto. Z
Motores principales	8.75	2	17.51	9.10	1.46	159.32	25.56
Grupos electrogenos	1.02	2	2.03	5.17	1.71	10.50	3.47
Reductoros	0.97	2	1.94	7.12	0.88	13.81	1.71
Línea de eje	0.54	2	1.08	4.12	0.39	4.45	0.42
Arbotantes	0.08	2	0.16	0.97	0.64	0.16	0.10
Helice	0.25	2	0.50	0.44	0.07	0.22	0.04
Helice proa	0.11	1	0.11	28.58	1.11	3.17	0.12
Timon	0.10	2	0.20	-0.15	0.46	-0.03	0.09
Servo timon	0.20	2	0.40	0.00	1.87	0.00	0.75
Escapes humedos	0.40	4	1.60	7.19	3.25	11.50	5.20
Baterias de maquinas	0.03	20	0.60	9.38	1.30	5.63	0.78
Baterias de equipos	0.03	5	0.15	24.60	7.30	3.69	1.10
Separador de aguas oleginosas	0.52	1	0.52	4.61	1.60	2.38	0.83
Sistema de achique	0.02	22	0.33	15.35	1.00	5.07	0.33
Sistema contraincendios	0.16	1	0.16	16.44	4.86	2.68	0.79
Sistema anhídrido carbónico	0.22	1	0.22	2.87	4.86	0.63	1.07
Manta aislante contraincendio	1.74	1	1.74	10.00	2.80	17.36	4.86
Grupo hidróforo	0.50	1	0.50	10.40	1.50	5.20	0.75
Sistema de ventilación CC.MM.	0.30	1	0.30	4.44	2.93	1.33	0.88
Sistema de ventilación habitación	0.26	1	0.26	26.38	1.30	6.86	0.34
Equipos de amarre y fondeo proa	1.70	1	1.70	32.00	3.00	54.24	5.09
Equipos de amarre y fondeo popa	0.20	1	0.20	-0.38	3.85	-0.08	0.77



Equipos, maquinarias y sistemas	Peso unitario Tn	Número elementos	Peso Total Tn	XG	ZG	Mto. X	Mto. Z
Equipos de navegación	0.30	1	0.30	23.77	9.85	7.13	2.96
Equipos de comunicaciones	0.20	1	0.20	23.90	8.75	4.78	1.75
Equipos de salvamento	2.25	1	2.25	16.00	8.70	35.92	19.53
Bote salvavidas y grúa	2.81	1	2.81	-1.00	4.70	-2.81	13.18
Tanques combustibles	0.55	2	1.10	21.25	1.84	23.38	2.02
Cuadros electricos	0.70	1	0.70	11.17	6.43	7.82	4.50
Cableado y tuberías (5%)	2.00	-	2.00	-	-	-	-
TOTAL			41.55	9.25	2.38	384.31	98.98

Tabla 4 - Peso de los equipos, maquinaria y sistemas



Con respecto a los pesos estimados en el 'cuaderno 2' ha habido un incremento de un 32% del peso de equipos, maquinaria y sistemas. Este incremento se debe principalmente al sistema propulsivo. Para conseguir las velocidades deseadas, se ha tenido que aumentar la potencia de los propulsores, esto ha hecho que se haya optado por motores mayores y más robustos con el fin de obtener la potencia exigida por la embarcación. Solo el peso añadido del sistema de propulsión con respecto al estimado en el 'cuaderno 2' es de 8 toneladas aproximadamente.

Además, del peso extra del sistema de propulsión, debido a la duración del viaje se ha tenido que añadir el bote salvavidas y su correspondiente grúa con un peso de 2.81 toneladas.

Por consiguiente, los pesos de la anterior tabla se dan por aceptables.



5. PESO DE HABILITACION

Los pesos de la habilitación los componen todos aquellos pesos que se encuentran en la habilitación y todos aquellos elementos que no forman parte de los dos grupos de pesos anteriores.

Estos pesos están muy relacionados con las prestaciones de la embarcación. Se ha diseñado una embarcación confortable tanto para el pasaje como la tripulación, esto deriva en mayores pesos de habilitación con respecto a otras embarcaciones.

Uno de los mayores pesos de habilitación son los embonados que recubren toda la habilitación teniendo dos funciones claras, embellecer la habilitación y aislamiento contra incendios.

En el 'cuaderno 2' se calcularon los pesos de la habilitación de forma preliminar, obteniéndose los siguientes pesos:

Peso de habilitación:	30.57 tn
Centro de gravedad longitudinal:	14.42 m
Centro de gravedad vertical:	5.82 m

En las siguientes tablas se muestran los pesos de la habilitación:



5.1. Peso de habilitación

Habilitación	Peso unitario Tn	Número elementos	Peso Total Tn	XG	ZG	Mto. X	Mto. Z
Mobiliario cubierta principal	0.30	1	0.30	22.85	4.77	6.86	1.43
Mobiliario cubierta superior	0.40	1	0.40	13.50	7.50	5.40	3.00
Butacas cubierta principal	0.01	178	1.78	15.88	4.65	28.27	8.28
Butacas cubierta superior	0.01	128	1.28	11.10	7.78	14.21	9.96
Luminaria y alumbrado	0.40	1	0.40	22.50	11.40	9.00	4.56
Cocina	0.70	1	0.70	28.60	5.80	20.02	4.06
Baños	0.07	7	0.49	3.74	6.13	1.83	3.00
Embonado techo cubierta principal	1.69	1	1.69	15.23	6.30	25.77	10.66
Embonado techo cubierta superior	1.38	1	1.38	13.85	8.90	19.11	12.28
Embonado costados	0.90	2	1.79	16.00	6.00	28.64	10.74
Escalera de gato	0.02	12	0.24	17.00	2.84	4.08	0.68
Ventanas cubierta principal	0.03	20	0.60	18.30	5.65	10.98	3.39
Ventanas cubierta superior	0.03	18	0.54	14.20	8.43	7.67	4.55
Puertas anti-incendio	0.10	14	1.40	18.23	5.36	25.52	7.50
Varandillado	0.18	1	0.18	25.90	8.00	4.66	1.44
Otros (5%)	0.70	-	0.70	-	-	-	-
TOTAL			13.87	15.28	6.17	212.02	85.54

Tabla 5 - Pesos de la habilitación



6. PESO EN ROSCA Y CENTRO DE GRAVEDAD

Sumando los tres grupos de pesos que se han calculado anteriormente se obtiene el peso en rosca de la embarcación y los centros de gravedad.

El centro de gravedad en el eje Y no se recoge en este cuaderno, sin embargo, se tendrá en cuenta para las condiciones de cargas.

Finalmente el peso en rosca y el centro de gravedad de la embarcación es:

	Peso Total Tn	XG	ZG
Pesos estructura	38.94	12.05	3.56
Pesos equipo, maquinaria y sistemas	41.55	9.25	2.38
Pesos habilitación	13.87	15.28	6.17
TOTAL	94.37	11.29	3.42

Tabla 6 - Pesos en rosca y c.d.g.

Con respecto al peso en rosca calculado de forma preliminar se estimó 87.93 toneladas, habiendo una diferente de 6.44 toneladas con el calculado en la fase final de este proyecto, esto hace una diferencia de tan solo un 6.8 % con respecto al peso preliminar.

El peso en centro de gravedad longitudinal se ubica 1 metro a popa, perjudicando el trimado del buque. En cambio, el centro de gravedad vertical baja ligeramente 0.40 metros. Esto se traduce una mayor estabilidad para la embarcación, aunque, siendo un catamarán no es un factor crítico.



7. BIBLIOGRAFIA

No se ha hecho uso de bibliografía externa.

CUADERNO 12

CONDICIONES DE CARGA Y ESTABILIDAD



Autor: Luis Rodríguez Ramos

Tutor: Leandro Ruiz Peñalver



INDICE

1. Especificaciones.....	1
2. Introducción	2
3. Criterios del estudio de estabilidad y flotabilidad.....	3
3.1. Estabilidad intacta	3
3.2. Estabilidad después de avería	4
4. Extension de la estabilidad en avería	6
4.1. Avería de costado.....	6
4.2. Avería de fondo	6
5. Condiciones de carga	8
6. Puntos de inundacion.....	10
7. Condición de carga 1 en estado intacto	11
7.1. Datos de la carga	11
7.2. Hidrostática en el equilibrio	11
7.3. Curva GZ	12
7.4. Hidrostáticas con escoras.....	13
7.5. Criterios de estabilidad	14
8. Condición de carga 2 en estado intacto	15
8.1. Datos de la carga	15
8.2. Hidrostática en el equilibrio	15
8.3. Curva GZ	16
8.4. Hidrostáticas con escoras.....	17
8.5. Criterios de estabilidad	18
9. Condición de carga 3 en estado intacto	19
9.1. Datos de la carga	19
9.2. Hidrostática en el equilibrio	19



9.3. Curva GZ	20
9.4. Hidrostáticas con escoras.....	21
9.5. Criterios de estabilidad	22
10. Condición 1 en avería	23
10.1. Curva GZ	24
10.2. Criterios de estabilidad	25
11. Condición 2 en avería	26
11.1. Curva GZ	27
11.2. Criterios de estabilidad	28
12. Condición 3 en avería	29
12.1. Curva GZ	30
12.2. Criterios de estabilidad	31
13. Condición 4 en avería	32
13.1. Curva GZ	33
13.2. Criterios de estabilidad	34
14. Condición 5 en avería	35
14.1. Curva GZ	36
14.2. Criterios de estabilidad	37
15. Condición 6 en avería	38
15.1. Curva GZ	39
15.2. Criterios de estabilidad	40
16. Condición 7 en avería	41
16.1. Curva GZ	42
16.2. Criterios de estabilidad	43
17. Condición 8 en avería	44
17.1. Curva GZ	45
17.2. Criterios de estabilidad	46



18. Condición 9 en avería	47
18.1. Curva GZ	48
18.2. Criterios de estabilidad	49
19. Condición 10 en avería	50
19.1. Curva GZ	51
19.2. Criterios de estabilidad	52
20. Condición 11 en avería	53
20.1. Curva GZ	54
20.2. Criterios de estabilidad	55
21. Condición 12 en avería	56
21.1. Curva GZ	57
21.2. Criterios de estabilidad	58
22. Condición 13 en avería	59
22.1. Curva GZ	60
22.2. Criterios de estabilidad	61
23. RESISTENCIA LONGITUDINAL	62
23.1. Condición de carga 1	62
23.2. Condición de carga 2	63
23.3. Condición de carga 3	63
24. Bibliografía	64



INDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Croquis extensión de la avería	7
Figura 2 - Puntos de inundación.....	10
Figura 3 - Curva GZ en C.C. 1	12
Figura 4 - Curva GZ en C.C. 2	16
Figura 5 - Curva GZ en C.C.3	20
Figura 6 – Compartimentos inundados condición en avería 1	23
Figura 7 – Curva GZ condición en avería 1	24
Figura 8 – Compartimentos inundados condición en avería 2	26
Figura 9 – Curva GZ condición en avería 2	27
Figura 10 – Compartimentos inundados condición en avería 3.....	29
Figura 11 – Curva GZ condición en avería 3	30
Figura 12 – Compartimentos inundados condición en avería 4.....	32
Figura 13 – Curva GZ condición en avería 4	33
Figura 14 – Compartimentos inundados condición en avería 5.....	35
Figura 15 – Curva GZ condición en avería 5	36
Figura 16 – Compartimentos inundados condición en avería 6.....	38
Figura 17 – Curva GZ condición en avería 6	39
Figura 18 – Compartimentos inundados condición en avería 7.....	41
Figura 19 – Curva GZ condición en avería 7	42
Figura 20 – Compartimentos inundados condición en avería 8.....	44
Figura 21 – Curva GZ condición en avería 8	45
Figura 22 – Compartimentos inundados condición en avería 9.....	47
Figura 23 – Curva GZ condición en avería 9	48
Figura 24 – Compartimentos inundados condición en avería 10	50
Figura 25 – Curva GZ condición en avería 10	51



Figura 26 – Compartimentos inundados condición en avería 11	53
Figura 27 – Curva GZ condición en avería 11	54
Figura 28 – Compartimentos inundados condición en avería 12	56
Figura 29 – Curva GZ condición en avería 12	57
Figura 30 – Compartimentos inundados condición en avería 13	59
Figura 31 – Curva GZ condición en avería 13	60
Figura 32 – Diagrama resistencia longitudinal C.C. 1	62
Figura 33 - Diagrama resistencia longitudinal C.C. 2.....	63
Figura 34 - Diagrama resistencia longitudinal C.C. 3.....	63

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 - Posición de los puntos de inundación	10
Tabla 2 - Datos de la carga en C.C. 1 intacto	11
Tabla 3 - Hidrostáticas en C.C. 1 intacto	11
Tabla 4 - Hidrostáticas en función de la escora C.C.1	13
Tabla 5 - Criterios de estabilidad C.C. 1.....	14
Tabla 6 2 - Datos de la carga en C.C. 2 intacto	15
Tabla 7 - Hidrostáticas en C.C. 2 intacto	15
Tabla 8 - Hidrostáticas en función de la escora C.C. 2	17
Tabla 9 - Criterios de estabilidad C.C.2	18
Tabla 10 - Datos de la carga en la C.C. 3	19
Tabla 11 - Hidrostáticas en C.C. 3.....	19
Tabla 12 - Hidrostáticas en función de la escora C.C.3	21
Tabla 13 - Criterios de estabilidad C.C.3	22
Tabla 14 - Criterios de estabilidad condición en avería 1	25



Tabla 15 - Criterios de estabilidad condición en avería 2	28
Tabla 16 - Criterios de estabilidad condición en avería 3	31
Tabla 17 - Criterios de estabilidad condición en avería 4	34
Tabla 18 - Criterios de estabilidad condición en avería 5	37
Tabla 19 - Criterios de estabilidad condición en avería 6	40
Tabla 20 - Criterios de estabilidad condición en avería 7	43
Tabla 21 - Criterios de estabilidad condición en avería 8	46
Tabla 22 - Criterios de estabilidad condición en avería 9	49
Tabla 23 - Criterios de estabilidad condición en avería 10	52
Tabla 24 - Criterios de estabilidad condición en avería 11	55
Tabla 25 - Criterios de estabilidad condición en avería 12	58
Tabla 26 - Criterios de estabilidad condición en avería 13	61



1. ESPECIFICACIONES

- Clasificación: Lloyds Register
- Pasajeros: 300
- Velocidad crucero: 24 nudos
- Autonomía: 450 millas náuticas
- Material constructivo: GRP
- Aspectos adicionales: Estudio por elementos finitos de los elementos estructurales más importantes.



2. INTRODUCCION

En este último cuaderno se procede al cálculo de la estabilidad para las diferentes condiciones de carga. Dicho estudio se realiza a través del programa de arquitectura naval Maxsurf.

Para el estudio de estabilidad se siguen los criterios marcados por el reglamento HSC 200 que son las directrices por las que se rige esta embarcación.



3. CRITERIOS DEL ESTUDIO DE ESTABILIDAD Y FLOTABILIDAD

Para el estudio de estabilidad del buque se emplea la normativa definida por el Código Internacional de Seguridad para Naves de Gran Velocidad (HSC-2000) adoptado el 5 de diciembre de 2000 mediante Resolución MSC.97(73).

Para las diferentes condiciones de carga, el buque debe cumplir los siguientes criterios de estabilidad intacta y estabilidad después de avería:

3.1. Estabilidad intacta

Área bajo la curva GZ

El área (A_1) bajo la curva GZ hasta el ángulo θ será como mínimo igual a:

$$A_1 = 0.055 \times \frac{30^\circ}{\theta} \quad m \times rad$$

*Donde, θ = Es el menor de los ángulos siguiente:

1. Ángulo de inundación descendente;
2. ángulo al que se da el GZ máximo; o
3. 30°

GZ máximo

El valor de GZ corresponderá a un ángulo de 10° como mínimo.

Escora producida por el viento

El brazo escorante producido por el viento se supondrá constante para todos los ángulos de inclinación y se calculará como se indica a continuación:

$$HL_1 = \frac{P_1 \times A \times Z}{9800 \times \Delta} \quad m$$

$$HL_2 = 1.5 \times HL_1 \quad m$$

*Donde,
 $P_i = 500 (V_w/26)^2$ (N/m²)
 V_w = Velocidad del viento correspondiente a las peores condiciones previstas (m/s).
 A = Área lateral proyectada de la porción de la nava que se encuentra por encima de la flotación mínima de servicio (m²).
 Z = Distancia vertical entre el centro de A y un punto situado en la mitad del calado mínimo de servicio (m).
 Δ = Desplazamiento (t)



Escora producida por la aglomeración de pasajero o un giro a gran velocidad

La escora producida por la aglomeración de pasajeros en una banda de la nave o un giro a gran velocidad, tomándose de estos valores el mayor, se aplicará junto con el brazo escorante producido por el viento (HL_2).

Cuando se calcule la magnitud de la escora producida por la aglomeración de pasajero, el brazo se deberá determinar utilizando las hipótesis indicadas en las prescripciones aplicables a las naves de pasaje.

Cuando se calcule la magnitud de la escora producida por los efectos de un giro a gran velocidad, el brazo se determinará utilizando bien la fórmula siguiente o un método equivalente elaborado especialmente para el tipo de nave de que se trate o en ensayo de datos obtenidos en pruebas con modelos.

$$TL = \frac{1}{g} \frac{V_o^2}{R} \left(KG - \frac{d}{2} \right) \quad m$$

*Donde, TL = Brazo debido al giro (m)
 V_o = Velocidad de la nave en el giro (m/s).
 R = Radio de giro (m).
 KG = Altura del centro de gravedad por encima de la quilla (m).
 d = Calado medio (m)
 g = Aceleración debida a la gravedad (m/s^2)

Balance producido por las olas

Se determinará matemáticamente el efecto sobre la seguridad de la nave del balance en mar encrespada. Al realizar los cálculos, el área residual bajo la curva GZ (A_2), es decir, más allá del ángulo de escora (θ_h), será como mínimo de $0.028 \text{ m} \times \text{rad}$ hasta el ángulo de balance (θ_t). A falta de pruebas con modelos u otros datos, se tomará (θ_t) como 15° , o un ángulo ($\theta_a - \theta_h$), si éste es menor.

3.2. Estabilidad después de avería

Área bajo la curva GZ

El área prescrita A_2 no sea inferior a $0.028 \text{ m} \times \text{rad}$.

GZ máximo

No existe ninguna prescripción relativa al ángulo con el que se obtendrá el valor máximo de GZ.

Escora producida por el viento

El bazo escorante producido por el viento que se utiliza en la curva de estabilidad residual se supondrá constante para todos los ángulos de inclinación y se calcula de la siguiente forma:



$$HL_3 = \frac{P_d \times A \times Z}{9800 \times \Delta} \quad m$$

*Donde, $P_d = 120 (V_w/26)^2$ (N/m²)
 V_w = Velocidad del viento correspondiente a las peores condiciones previstas (m/s).
 A = Área lateral proyectada de la porción de la nava que se encuentra por encima de la flotación mínima de servicio (m²).
 Z = Distancia vertical entre el centro de A y un punto situado en la mitad del calado mínimo de servicio (m).
 Δ = Desplazamiento (t)

Ángulo de balance

Se utilizará los mismos valores del ángulo de balance que en el caso de la estabilidad sin avería.

Flotabilidad y estabilidad en la modalidad con desplazamiento después de avería

Se deberán cumplir las prescripciones del cap, 2, part, A, sec, 2.6 que se desarrollarán a continuación.



4. EXTENSION DE LA ESTABILIDAD EN AVERIA

4.1. Avería de costado

Las dimensiones que debe tener la avería de costado en cualquier parte de la periferia de la nave son las siguiente:

Extensión longitudinal

La avería será el menor valor de los siguientes, donde $\nabla = 129.02 \text{ m}^3$:

1. $0.75 \times \nabla^{1/3} = \mathbf{3.79 \text{ metros}}$
2. $3 + 0.225 \times \nabla^{1/3} = 4.14 \text{ metros}$
3. 11 metros

Extensión transversal

La penetración de la avería de la nave será:

1. $0.2 \times \nabla^{1/3} = \mathbf{1.01 \text{ metros}}$

Extensión vertical

La extensión vertical de la avería abarcará toda la extensión vertical de la nave, en este caso, todo el alto del puntal:

1. **3.7 metros**

4.2. Avería de fondo

Extensión longitudinal

En la avería longitudinal de fondo se consideran por separado dos extensiones de daño diferentes, donde la eslora L de la embarcación es 32.00 metros:

1. El 55% de la eslora L medido desde el punto más a proa del volumen flotante sumergido de cada casco es **17.60 metros**.
2. Cuando la nave es menor de 50 metros, tomar el porcentaje dañado de $(L/2 + 10) \%$ de la eslora L. Esta dimensión 26% que equivale a **8.32 metros**.

Extensión transversal

La penetración de la avería de la nave será:

1. $0.1 \times \nabla^{1/3} = \mathbf{0.51 \text{ metros}}$
2. En ningún momento será mayor a $T - 0.3 \times T = 0.84 \text{ metros}$.



Extensión vertical

La avería vertical tiene una extensión del menos de:

1. $0.04 \times \nabla^{1/3} = \mathbf{0.2 \text{ metros}}$
2. En ningún momento será mayor a la zona vulnerable a las averías de desgarradura.

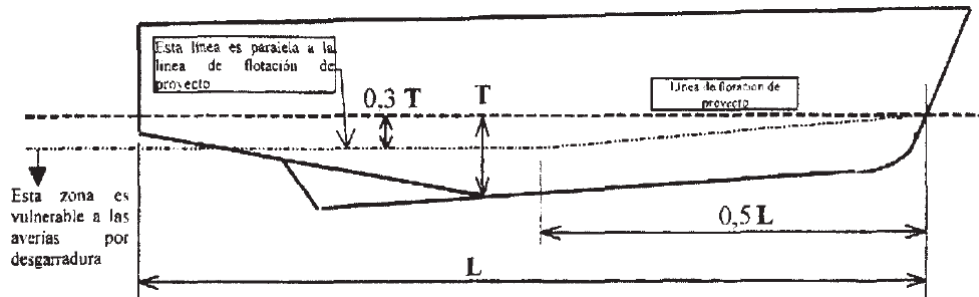


Figura 1 - Croquis extensión de la avería

$$T - 0.3 \times T = 0.84 \text{ metros.}$$



5. CONDICIONES DE CARGA

Las condiciones a estudiar para un buque de pasaje según la normativa IMO son las siguientes:

- Condición 1: Salida de puerto, 100% consumos y 100% pasaje.
- Condición 2: Llegada a puerto, 10% consumos y 100% pasaje.
- Condición 3: Llegada a puerto, 10 % consumos y sin pasaje.

La condición de carga 3 no está requerida de ser sometida a estudio. No obstante, se considera que debe ser estudiada para observar cómo se comporta el buque en la condición mínima operativa.

Las condiciones de carga a estudiar después de avería son las siguientes:

Daños en el fondo

- Condición en avería 1
Condición 1: Salida de puerto, 100% consumos y 100% pasaje.
Condición daños: 55% de desgarró en fondo por proa en casco.
- Condición en avería 2
Condición 1: Salida de puerto, 100% consumos y 100% pasaje.
Condición daños: 26% de daño del fondo en el D.F. Servo, C^aM^a y D.F. Pañol 1.
- Condición en avería 3
Condición 1: Salida de puerto, 100% consumos y 100% pasaje.
Condición daños: 26% de daño del fondo en C^aM^a y D.F. Pañol 1 y 2.
- Condición en avería 4
Condición 1: Salida de puerto, 100% consumos y 100% pasaje.
Condición daños: 26% de daño del fondo en el D.F. Pañol 1, 2 y 3.
- Condición en avería 5
Condición 1: Salida de puerto, 100% consumos y 100% pasaje.
Condición daños: 26% de daño del fondo en el D.F. Pañol 2, 3 y pique de proa.
- Condición en avería 6
Condición 2: Llegada a puerto, 10% consumos y 100% pasaje.
Condición daños: 26% de daño del fondo en el D.F. Servo, C^aM^a y D.F. Pañol 1.
- Condición en avería 7
Condición 2: Llegada a puerto, 10% consumos y 100% pasaje.
Condición daños: 26% de daño del fondo en C^aM^a y D.F. Pañol 1 y 2.
- Condición en avería 8
Condición 2: Llegada a puerto, 10% consumos y 100% pasaje.
Condición daños: 26% de daño del fondo en el D.F. Pañol 1, 2 y 3.



- Condición en avería 9
Condición 2: Llegada a puerto, 10% consumos y 100% pasaje
Condición daños: 26% de daño del fondo en el D.F. Pañol 2, 3 y pique de proa.

Daños en el costado

- Condición en avería 10
Condición 1: Salida de puerto, 100% consumos y 100% pasaje.
Condición daños: Daños en el costado en Local del Servo, D.F. Servo y CªMª.
- Condición en avería 11
Condición 1: Salida de puerto, 100% consumos y 100% pasaje.
Condición daños: Daños en el costado CªMª, Pañol 1, D.F. Pañol 1 y Tanque A.D.
- Condición en avería 12
Condición 1: Salida de puerto, 100% consumos y 100% pasaje.
Condición daños: Daños en el costado Pañol 1 y 2, D.F. Pañol 1 y 2 y Tanque G.O y A.D.
- Condición en avería 13
Condición 1: Salida de puerto, 100% consumos y 100% pasaje.
Condición daños: Daños en el costado Pañol 2 y 3, D.F. Pañol 2 y 3 y Tanque G.O.



6. PUNTOS DE INUNDACION

Se considera como ángulo de inundación aquel ángulo de escora que puede ocurrir la inmersión de un umbral o brazola de una abertura, en o sobre la cubierta de francobordo, por la cual puede producirse la inundación progresiva.

Para los cálculos de estabilidad en estado intacto, el ángulo de inundación se refiere a cualquier abertura.

Para los cálculos de estabilidad en situación de avería, las aberturas estancas protegidas se suponen cerradas en navegación y no son consideradas. El ángulo de inundación solamente estará afectado por el resto de las aberturas no protegidas y cualquier abertura que sea usada para el control de daños o procedimientos de evacuación.

Las aberturas o puntos de inundación como ya se vio en el Cuaderno 5 se encuentran en la toma de aire de la cámara de máquina. Cabe destacar que los escapes húmedos no se consideran puntos de inundación ya que durante la navegación no hay posibilidad en entrada de agua debido a la salida de los gases de escapes, además, cuentan con válvulas en la intersección del escape húmedo con el casco.

	POS. X	POS. Y	POS. Z
Ventilación CC.MM Br	4.35	-4.93	4.7
Ventilación CC.MM Er	4.45	4.93	4.7

Tabla 1 - Posición de los puntos de inundación

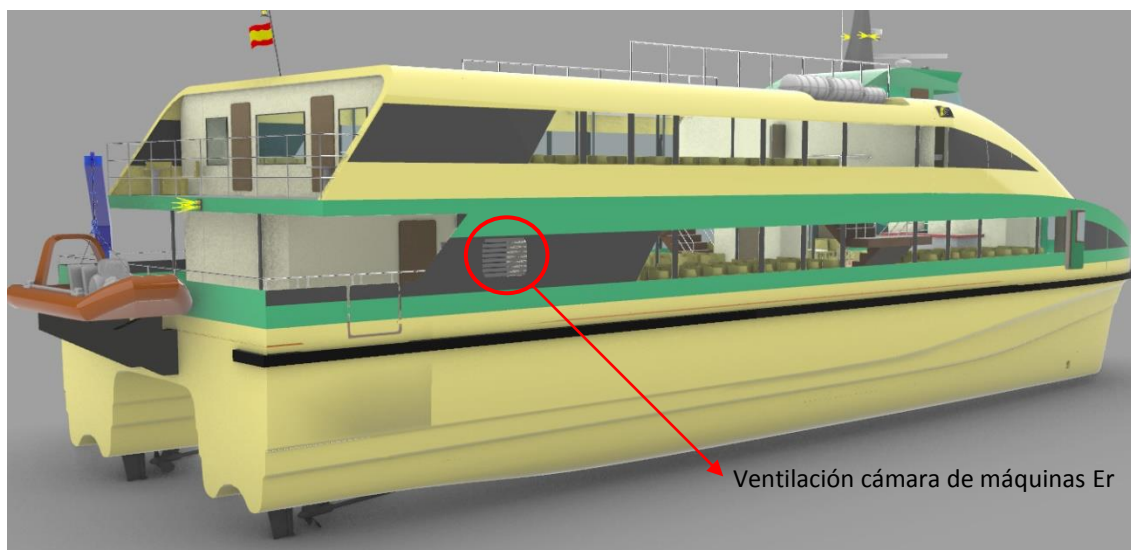


Figura 2 - Puntos de inundación



7. CONDICION DE CARGA 1 EN ESTADO INTACTO

SALIDA DE PUERTO, 100% CONSUMOS Y 100% PASAJE

7.1. Datos de la carga

Nombre pesos	Cantidad	Masa unit. t	Masa total t	Volumen unit. m³	Volumen total m³	Brazo long. m	Brazo trans. m	Brazo vert. m
Peso en Rosca	1	94.37	94.37			11.29	0.00	3.42
Pasaje y tripulación	310	0.08	23.25			12.93	0.00	4.87
Equipamiento	300	0.02	6.00			9.75	0.00	5.00
Viveres	1	1.65	1.65			20.24	0.00	5.16
Tanque F.O. Br	100%	4.97	4.97	5.85	5.85	21.25	-3.20	1.84
Tanque F.O. Er	100%	4.97	4.97	5.85	5.85	21.25	3.20	1.84
Tanque de Agua Dulce Br	100%	0.80	0.80	0.80	0.80	16.40	-3.40	1.76
Tanque de Agua Dulce Er	100%	0.80	0.80	0.80	0.80	16.40	3.40	1.76
Tanque Aguas Negras Pp	10%	3.55	0.36	3.47	0.35	2.66	0.00	2.86
Tanque Aguas Negras Pr	10%	1.58	0.16	1.54	0.15	24.40	0.00	3.03
Tanque Aceite Br	100%	0.09	0.09	0.10	0.10	0.00	-4.45	1.88
Tanque Aceite Er	100%	0.09	0.09	0.10	0.10	0.00	4.45	1.88
Total			137.51	18.50	14.00	12.37	0.00	3.62

Tabla 2 - Datos de la carga en C.C. 1 intacto

7.2. Hidrostática en el equilibrio

Item	Datos	Unidad
Calado en la maestra	1.152	m
Desplazamiento	137.500	t
Escora	0.0	°
Calado en P. Proa	0.734	m
Calado en P. Popa	1.571	m
Calado en LCF	1.235	m
Trimado	0.837	m
Eslora en la flotación	33.008	m
Manga máxima en la flotación	9.586	m
Superficie mojada	244.706	m²
Area en la flotación	143.429	m²
Coef. Prismático. (Cp)	0.697	-
Coef. Bloque. (Cb)	0.555	-
Coef. Area en máxima sección. (C)	0.806	-
Coef. Area en flotación. (Cwp)	0.800	-
LCB	12.288	m
LCF	12.852	m
KB	0.737	m
KG	3.617	m
BMt	13.132	m
BML	79.221	m
GMt corregido	10.211	m
GML	76.300	m
KMt	13.864	m
KML	79.931	m
Inmersión (TPc)	1.470	t/cm
MTc	3.279	t×m
RM a 1° = GMt × Δ × sen(1)	24.505	t×m
Angulo de trimado	1.5	°

Tabla 3 - Hidrostáticas en C.C. 1 intacto



7.3. Curva GZ

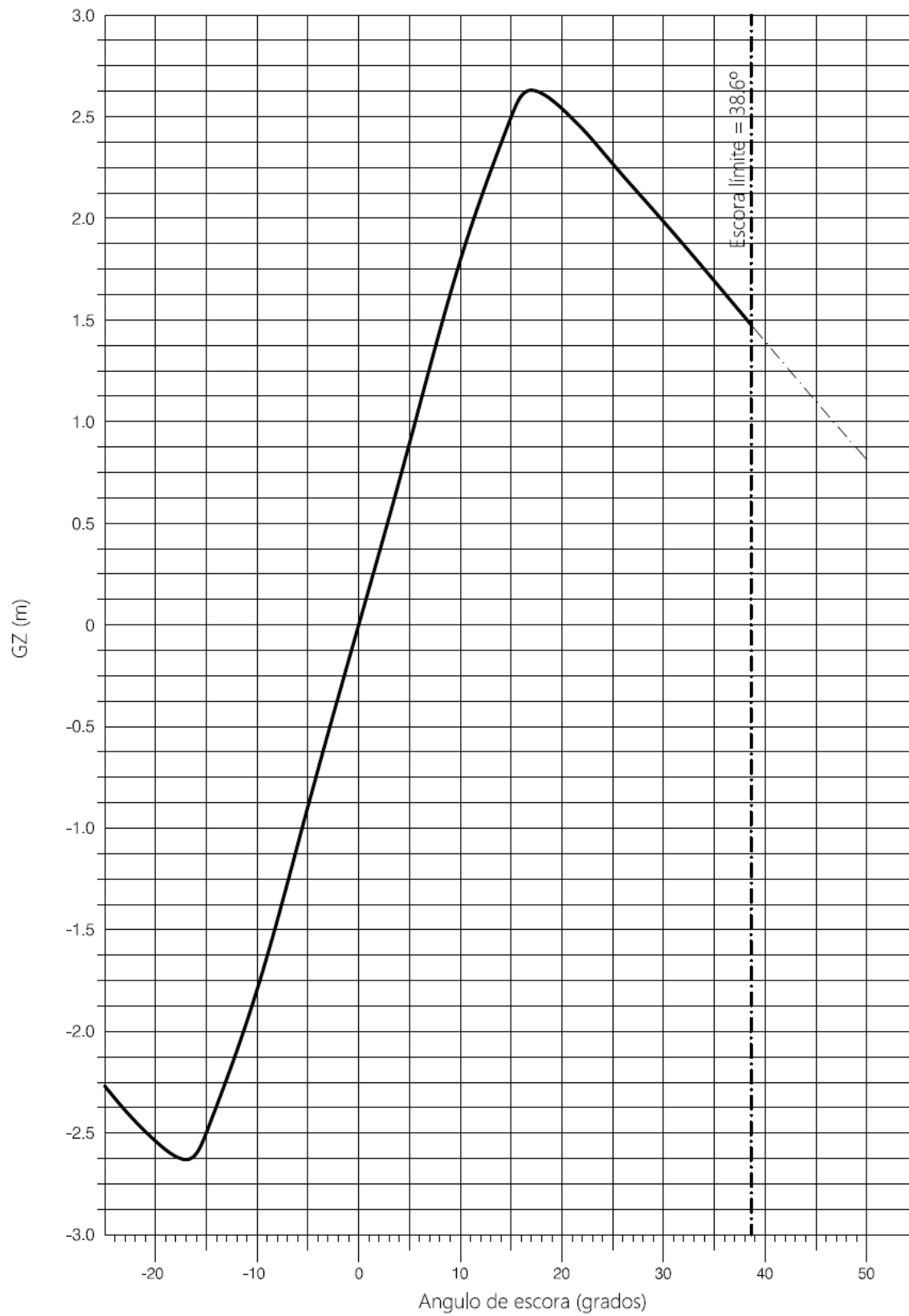


Figura 3 - Curva GZ en C.C. 1



Cuaderno 12 – Condiciones de carga y estabilidad

7.4. Hidrostáticas con escoras

Escora (°)	Unidad	-25	-20	-15	-10	-5	0	5	10
GZ	m	-2.268	-2.539	-2.498	-1.794	-0.894	0.000	0.894	1.794
Area bajo la crva GZ	m × °	44.792	32.727	19.897	8.961	2.230	0.000	2.230	8.962
Desplazamiento	t	137.500	137.500	137.500	137.500	137.500	137.500	137.500	137.500
Calado en P. Proa	m	-0.187	0.179	0.538	0.691	0.726	0.734	0.727	0.692
Calado en P. Popa	m	0.940	1.293	1.488	1.536	1.561	1.571	1.561	1.536
Eslora en la flotación	m	33.227	33.233	33.238	33.184	33.099	33.008	33.099	33.184
Manga máxima en la flotación	m	5.343	5.285	9.397	9.663	9.591	9.586	9.591	9.663
Superficie mojada	m ²	184.918	184.680	214.524	240.914	244.101	244.710	244.094	240.922
Area en la flotación	m ²	88.589	85.908	114.439	142.402	143.900	143.429	143.898	142.406
Coef. Prismático. (Cp)	-	0.731	0.731	0.702	0.692	0.694	0.697	0.694	0.692
Coef. Bloque. (Cb)	-	0.547	0.570	0.375	0.388	0.453	0.555	0.453	0.389
LCB	m	12.248	12.253	12.270	12.286	12.288	12.290	12.289	12.288
LCF	m	13.128	13.100	12.221	12.796	12.897	12.853	12.898	12.796
Inclinación máxima de la cubierta	°	25.1	20.1	15.1	10.1	5.2	1.5	5.2	10.1
Angulo de trimado	°	2.0	2.0	1.7	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5

Escora (°)	Unidad	15	20	25	30	35	40	45	50
GZ	m	2.498	2.539	2.268	1.984	1.691	1.394	1.099	0.813
Area bajo la crva GZ	m × °	19.897	32.730	44.788	55.412	64.604	72.317	78.548	83.326
Desplazamiento	t	137.500	137.500	137.500	137.500	137.500	137.500	137.500	137.500
Calado en P. Proa	m	0.539	0.178	-0.188	-0.585	-1.029	-1.533	-2.120	-2.829
Calado en P. Popa	m	1.487	1.293	0.940	0.552	0.122	-0.368	-0.940	-1.621
Eslora en la flotación	m	33.238	33.232	33.227	33.221	33.212	33.202	33.189	33.172
Manga máxima en la flotación	m	9.396	5.285	5.343	5.389	5.428	5.461	5.477	5.325
Superficie mojada	m ²	214.544	184.678	184.913	185.354	185.964	186.817	188.175	189.842
Area en la flotación	m ²	114.452	85.907	88.588	92.121	97.006	103.236	111.080	119.605
Coef. Prismático. (Cp)	-	0.703	0.731	0.731	0.731	0.732	0.733	0.733	0.733
Coef. Bloque. (Cb)	-	0.375	0.570	0.547	0.532	0.514	0.491	0.482	0.465
LCB	m	12.273	12.252	12.247	12.249	12.247	12.250	12.254	12.260
LCF	m	12.224	13.100	13.128	13.197	13.260	13.349	13.495	13.749
Inclinación máxima de la cubierta	°	15.1	20.1	25.1	30.0	35.0	40.0	45.0	50.0
Angulo de trimado	°	1.7	2.0	2.0	2.0	2.1	2.1	2.1	2.2

Tabla 4 - Hidrostáticas en función de la escora C.C.1



7.5. Criterios de estabilidad

Código	Criterio	Valor	Unidades	Actual	Estatus
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	1.1 Area 0 to 30				
	shall be greater than	6.30	m × °	18.55	Pass
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	1.5 Area between GZ and HTL				
	Area between GZ and heeling arms shall not be less than				
	Hpc + Hw	1.60	m × °	15.39	Pass
	Ht + Hw	1.60	m × °	17.46	Pass
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	3.2.1 Angle of equilibrium with gust wind HL2				
	Angle of equilibrium due to the following shall not be greater than				
	Wind heeling (Hw)	10.0	°	1.1	Pass
HSC2000 Ch2 Part B: Passenger craft. Intact	2.11 Angle of equilibrium - passenger crowding heeling arm				
	shall be less than	10.0	°	4.7	Pass
HSC2000 Ch2 Part B: Passenger craft. Intact	2.12.1&.2: Combined heeling: Angle of equilibrium				
	Angle of equilibrium due to the following shall not be greater than				
	High-speed turning (Ht)	8.0	°	2.4	Pass
	Hpc + Hw	10.0	°	5.3	Pass
	Ht + Hw	12.0	°	3.0	Pass
Criteria	1.2 Angle of max. GZ				
	shall not be less than	10.0	°	15.0	Pass

Tabla 5 - Criterios de estabilidad C.C. 1



8. CONDICION DE CARGA 2 EN ESTADO INTACTO

LLEGADA A PUERTO, 10% CONSUMOS Y 100% PASAJE

8.1. Datos de la carga

Nombre pesos	Cantidad	Masa unit. t	Masa total t	Volumen unit. m³	Volumen total m³	Brazo long. m	Brazo trans. m	Brazo vert. m
Peso en Rosca	1	94.37	94.37			11.29	0.00	3.42
Pasaje y tripulación	310	0.08	23.25			12.93	0.00	4.87
Equipamiento	300	0.02	6.00			9.75	0.00	5.00
Viveres	1	0.17	0.17			20.24	0.00	5.16
Tanque F.O. Br	10%	4.97	0.50	5.85	0.59	20.89	-3.20	1.27
Tanque F.O. Er	10%	4.97	0.50	5.85	0.59	20.89	3.20	1.27
Tanque de Agua Dulce Br	10%	0.80	0.08	0.80	0.08	16.39	-3.40	1.26
Tanque de Agua Dulce Er	10%	0.80	0.08	0.80	0.08	16.39	3.40	1.26
Tanque Aguas Negras Pp	100%	3.55	3.55	3.47	3.47	2.77	0.00	3.16
Tanque Aguas Negras Pr	100%	1.58	1.58	1.54	1.54	24.45	0.00	3.25
Tanque Aceite Br	10%	0.09	0.01	0.10	0.01	-0.02	-4.45	1.63
Tanque Aceite Er	10%	0.09	0.01	0.10	0.01	-0.02	4.45	1.63
Total			130.09	18.50	6.35	11.53	0.00	3.73

Tabla 6 2 - Datos de la carga en C.C. 2 intacto

8.2. Hidrostática en el equilibrio

Item	Datos	Unidad
Calado en la maestra	1.070	m
Desplazamiento	130.100	t
Escora	0.0	°
Calado en P. Proa	0.734	m
Calado en P. Popa	1.571	m
Calado en LCF	1.235	m
Trimado	0.837	m
Eslora en la flotación	33.008	m
Manga máxima en la flotación	9.586	m
Superficie mojada	244.706	m²
Area en la flotación	143.429	m²
Coef. Prismático. (Cp)	0.697	-
Coef. Bloque. (Cb)	0.555	-
Coef. Area en máxima sección. (C)	0.806	-
Coef. Area en flotación. (Cwp)	0.800	-
LCB	12.288	m
LCF	12.852	m
KB	0.737	m
KG	3.617	m
BMt	13.132	m
BML	79.221	m
GMt corregido	10.211	m
GML	76.300	m
KMt	13.864	m
KML	79.931	m
Inmersión (TPc)	1.470	t/cm
MTc	3.279	t×m
RM a 1° = GMt × Δ × sen(1)	24.505	t×m
Angulo de trimado	1.5	°



8.3. Curva GZ

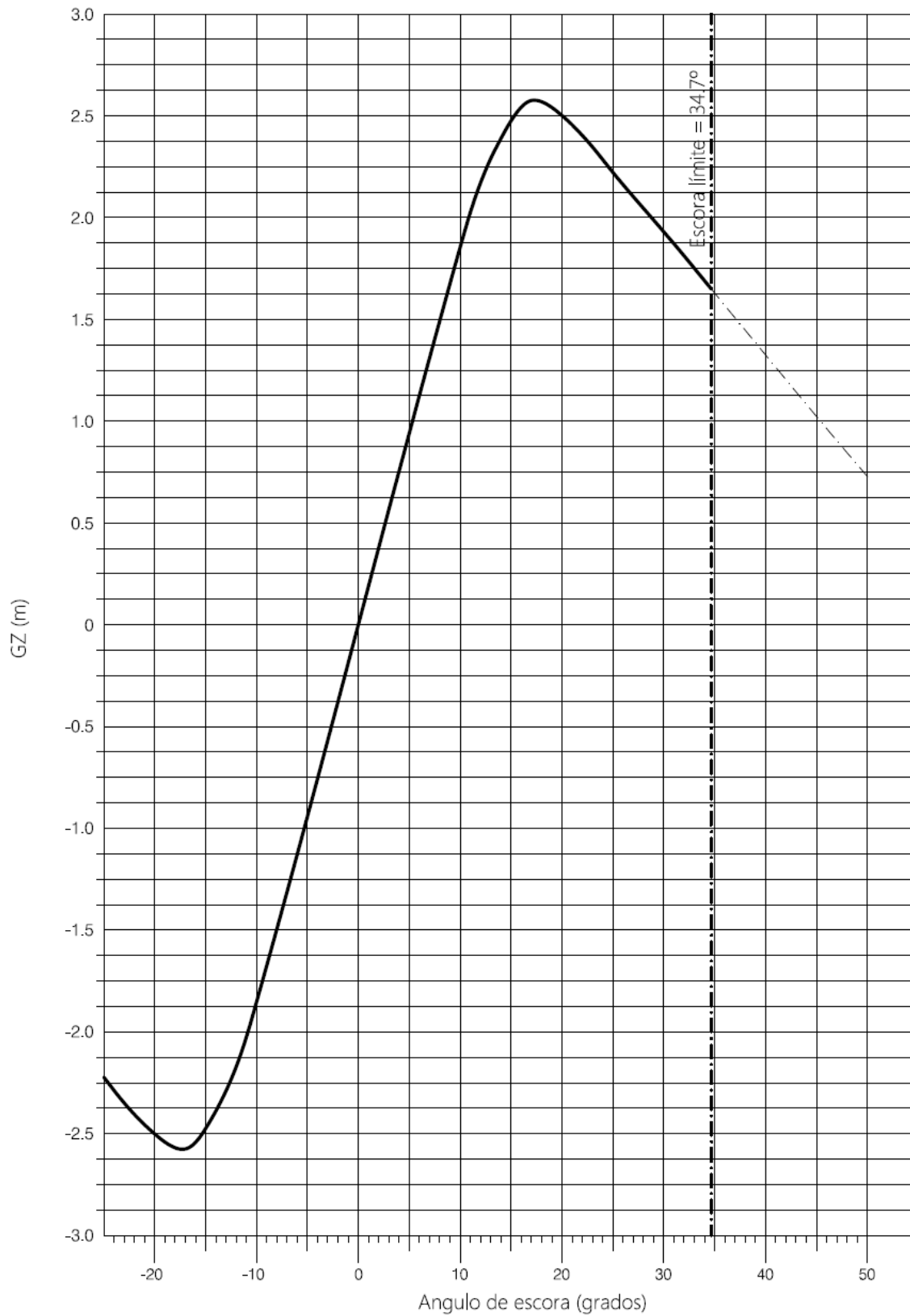


Figura 4 - Curva GZ en C.C. 2



Cuaderno 12 – Condiciones de carga y estabilidad

8.4. Hidrostáticas con escoras

Escora (°)	Unidad	-25	-20	-15	-10	-5	0	5	10
GZ	m	-2.222	-2.501	-2.474	-1.854	-0.941	0.000	0.941	1.854
Area bajo la crva GZ	m × °	44.923	33.061	20.413	9.382	2.347	0.000	2.347	9.382
Desplazamiento	t	130.100	130.100	130.100	130.100	130.100	130.100	130.100	130.100
Calado en P. Proa	m	-0.632	-0.267	0.131	0.415	0.480	0.489	0.480	0.414
Calado en P. Popa	m	1.090	1.444	1.620	1.626	1.641	1.650	1.641	1.626
Eslora en la flotación	m	33.111	33.117	33.130	33.109	33.034	32.937	33.034	33.109
Manga máxima en la flotación	m	5.420	8.128	9.573	9.690	9.655	9.598	9.655	9.690
Superficie mojada	m ²	175.893	176.294	201.619	227.245	234.283	235.292	234.282	227.228
Area en la flotación	m ²	87.011	84.886	108.176	135.116	142.173	142.238	142.173	135.100
Coef. Prismático. (Cp)	-	0.679	0.676	0.653	0.648	0.651	0.654	0.651	0.648
Coef. Bloque. (Cb)	-	0.485	0.438	0.339	0.357	0.419	0.521	0.419	0.357
LCB	m	11.346	11.349	11.378	11.410	11.419	11.420	11.419	11.408
LCF	m	12.903	12.783	11.594	12.083	12.718	12.759	12.718	12.081
Inclinación máxima de la cubierta	°	25.1	20.2	15.2	10.2	5.4	2.1	5.4	10.2
Angulo de trimado	°	3.1	3.1	2.7	2.2	2.1	2.1	2.1	2.2

Escora (°)	Unidad	15	20	25	30	35	40	45	50
GZ	m	2.474	2.501	2.222	1.930	1.629	1.325	1.023	0.728
Area bajo la crva GZ	m × °	20.411	33.062	44.915	55.286	64.188	71.572	77.440	81.817
Desplazamiento	t	130.100	130.100	130.100	130.100	130.100	130.100	130.100	130.100
Calado en P. Proa	m	0.131	-0.266	-0.632	-1.029	-1.469	-1.968	-2.551	-3.260
Calado en P. Popa	m	1.620	1.444	1.091	0.704	0.272	-0.219	-0.791	-1.468
Eslora en la flotación	m	33.129	33.117	33.111	33.103	33.094	33.084	33.070	33.051
Manga máxima en la flotación	m	9.574	8.127	5.420	5.479	5.528	5.571	5.480	5.323
Superficie mojada	m ²	201.623	176.292	175.892	176.245	176.847	177.686	178.938	180.701
Area en la flotación	m ²	108.180	84.881	87.011	90.595	95.248	101.323	108.149	115.219
Coef. Prismático. (Cp)	-	0.653	0.676	0.679	0.679	0.680	0.681	0.681	0.681
Coef. Bloque. (Cb)	-	0.339	0.438	0.485	0.466	0.455	0.439	0.434	0.419
LCB	m	11.377	11.350	11.345	11.344	11.346	11.352	11.360	11.370
LCF	m	11.593	12.784	12.903	12.946	13.019	13.077	13.224	13.503
Inclinación máxima de la cubierta	°	15.2	20.2	25.1	30.1	35.1	40.1	45.0	50.0
Angulo de trimado	°	2.7	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.2

Tabla 8 - Hidrostáticas en función de la escora C.C. 2



8.5. Criterios de estabilidad

Código	Criterio	Valor	Unidades	Actual	Estatus
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	1.1 Area 0 to 30				
	shall be greater than	6.30	m × °	18.55	Pass
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	1.5 Area between GZ and HTL				
	Area between GZ and heeling arms shall not be less than				
	Hpc + Hw	1.60	m × °	15.39	Pass
	Ht + Hw	1.60	m × °	17.46	Pass
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	3.2.1 Angle of equilibrium with gust wind HL2				
	Angle of equilibrium due to the following shall not be greater than				
	Wind heeling (Hw)	10.0	°	1.1	Pass
HSC2000 Ch2 Part B: Passenger craft. Intact	2.11 Angle of equilibrium - passenger crowding heeling arm				
	shall be less than (<)	10.0	°	4.7	Pass
HSC2000 Ch2 Part B: Passenger craft. Intact	2.12.1&.2: Combined heeling: Angle of equilibrium				
	Angle of equilibrium due to the following shall not be greater than				
	High-speed turning (Ht)	8.0	°	2.4	Pass
	Hpc + Hw	10.0	°	5.3	Pass
	Ht + Hw	12.0	°	3.0	Pass
Criteria	1.2 Angle of max. GZ				
	shall not be less than	10.0	°	15.0	Pass

Tabla 9 - Criterios de estabilidad C.C.2



9. CONDICION DE CARGA 3 EN ESTADO INTACTO

LLEGADA A PUERTO, 10 % CONSUMOS Y SIN PASAJE

9.1. Datos de la carga

Nombre pesos	Cantidad	Masa unit. t	Masa total t	Volumen unit. m³	Volumen total m³	Brazo long. m	Brazo trans. m	Brazo vert. m
Peso en Rosca	1	94.37	94.37			11.29	0.00	3.42
Tripulación	5	0.08	0.38			12.93	0.00	4.87
Viveres	1	0.17	0.17			20.24	0.00	5.16
Tanque F.O. Br	10%	4.97	0.50	5.85	0.59	20.92	-3.20	1.27
Tanque F.O. Er	10%	4.97	0.50	5.85	0.59	20.92	3.20	1.27
Tanque de Agua Dulce Br	10%	0.80	0.08	0.80	0.08	16.39	-3.40	1.26
Tanque de Agua Dulce Er	10%	0.80	0.08	0.80	0.08	16.39	3.40	1.26
Tanque Aguas Negras Pp	10%	3.55	0.36	3.47	0.35	2.64	0.00	2.86
Tanque Aguas Negras Pr	10%	1.58	0.16	1.54	0.15	24.38	0.00	3.03
Tanque Aceite Br	10%	0.09	0.01	0.10	0.01	-0.02	-4.45	1.63
Tanque Aceite Er	10%	0.09	0.01	0.10	0.01	-0.02	4.45	1.63
Total			96.60	18.50	1.85	11.41	0.00	3.40

Tabla 10 - Datos de la carga en la C.C. 3

9.2. Hidrostática en el equilibrio

Item	Datos	Unidad
Calado en la maestra	0.846	m
Desplazamiento	96.600	t
Escora	0.0	°
Calado en P. Proa	0.319	m
Calado en P. Popa	1.373	m
Calado en LCF	0.952	m
Trimado	1.054	m
Eslora en la flotación	32.870	m
Manga máxima en la flotación	9.561	m
Superficie mojada	202.545	m²
Area en la flotación	136.331	m²
Coef. Prismático. (Cp)	0.627	-
Coef. Bloque. (Cb)	0.484	-
Coef. Area en máxima sección. (Cm)	0.839	-
Coef. Area en flotación. (Cwp)	0.771	-
LCB	11.314	m
LCF	12.777	m
KB	0.607	m
KG	3.400	m
BMt	17.709	m
BML	106.494	m
GMt corregido	14.846	m
GML	103.632	m
KMt	18.306	m
KML	107.044	m
Inmersión (TPc)	1.397	t/cm
MTc	3.128	t×m
RM a 1° = GMt × Δ × sen(1)	25.028	t×m
Angulo de trimado	1.9	°

Tabla 11 - Hidrostáticas en C.C. 3



9.3. Curva GZ

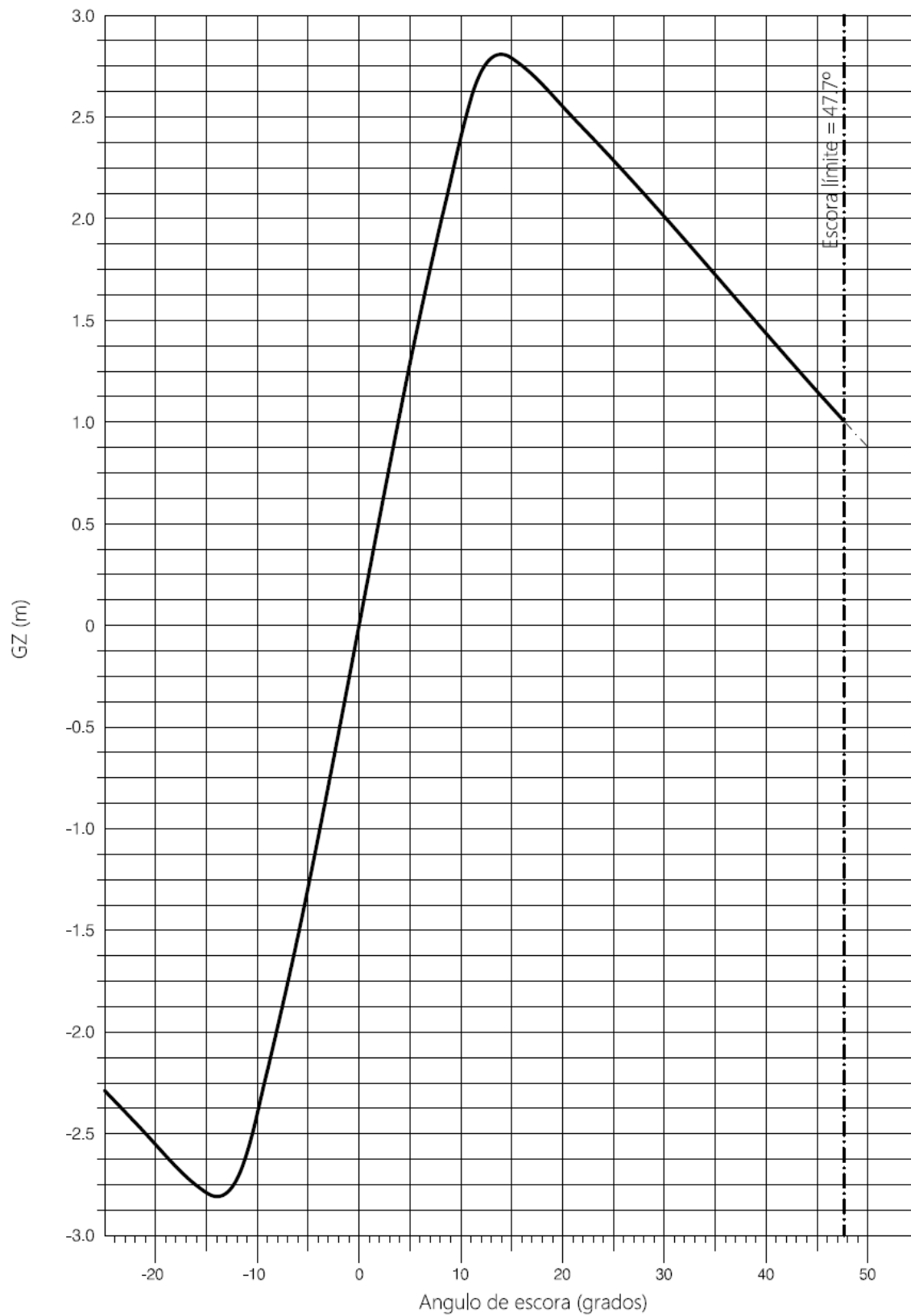


Figura 5 - Curva GZ en C.C.3



Cuaderno 12 – Condiciones de carga y estabilidad

9.4. Hidrostáticas con escoras

Escora (°)	Unidad	-25	-20	-15	-10	-5	0	5	10
GZ	m	-2.287	-2.552	-2.789	-2.399	-1.288	0.000	1.288	2.399
Area bajo la crva GZ	m × °	51.495	39.428	25.948	12.639	3.230	0.000	3.230	12.639
Desplazamiento	t	96.600	96.600	96.600	96.600	96.600	96.600	96.600	96.600
Calado en P. Proa	m	-0.916	-0.555	-0.212	0.148	0.302	0.319	0.302	0.148
Calado en P. Popa	m	0.572	0.932	1.260	1.362	1.365	1.373	1.365	1.362
Eslora en la flotación	m	33.012	33.017	33.022	33.027	32.972	32.870	32.972	33.027
Manga máxima en la flotación	m	5.184	5.156	8.539	9.582	9.566	9.561	9.566	9.582
Superficie mojada	m ²	147.200	146.876	152.056	182.446	200.848	202.545	200.846	182.447
Area en la flotación	m ²	83.088	80.396	83.778	114.011	134.352	136.331	134.350	114.011
Coef. Prismático. (Cp)	-	0.666	0.665	0.662	0.624	0.624	0.627	0.624	0.624
Coef. Bloque. (Cb)	-	0.466	0.487	0.399	0.334	0.389	0.484	0.389	0.334
LCB	m	11.250	11.254	11.262	11.294	11.313	11.315	11.313	11.294
LCF	m	12.838	12.808	12.236	11.484	12.573	12.777	12.573	11.484
Inclinación máxima de la cubierta	°	25.1	20.1	15.2	10.2	5.3	1.9	5.3	10.2
Angulo de trimado	°	2.7	2.7	2.6	2.2	1.9	1.9	1.9	2.2

Escora (°)	Unidad	15	20	25	30	35	40	45	50
GZ	m	2.789	2.552	2.287	2.009	1.724	1.436	1.151	0.877
Area bajo la crva GZ	m × °	25.948	39.426	51.502	62.254	71.588	79.489	85.952	91.018
Desplazamiento	t	96.590	96.600	96.600	96.600	96.600	96.600	96.600	96.600
Calado en P. Proa	m	-0.212	-0.554	-0.916	-1.309	-1.745	-2.242	-2.825	-3.531
Calado en P. Popa	m	1.260	0.932	0.572	0.179	-0.260	-0.760	-1.341	-2.040
Eslora en la flotación	m	33.022	33.017	33.012	33.006	32.998	32.988	32.975	32.956
Manga máxima en la flotación	m	8.539	5.156	5.184	5.200	5.207	5.211	5.217	5.237
Superficie mojada	m ²	152.053	146.881	147.205	147.675	148.325	149.587	151.087	153.552
Area en la flotación	m ²	83.776	80.396	83.089	86.494	90.638	96.071	102.505	109.872
Coef. Prismático. (Cp)	-	0.662	0.665	0.666	0.666	0.666	0.667	0.669	0.671
Coef. Bloque. (Cb)	-	0.399	0.487	0.466	0.446	0.430	0.419	0.398	0.380
LCB	m	11.262	11.256	11.253	11.252	11.255	11.260	11.268	11.277
LCF	m	12.236	12.808	12.838	12.878	12.923	12.939	12.926	12.941
Inclinación máxima de la cubierta	°	15.2	20.1	25.1	30.1	35.1	40.0	45.0	50.0
Angulo de trimado	°	2.6	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7

Tabla 12 - Hidrostáticas en función de la escora C.C.3



9.5. Criterios de estabilidad

Código	Criterio	Valor	Unidades	Actual	Estatus
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	1.1 Area 0 to 30				
	shall be greater than	6.30	m × °	20.92	Pass
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	1.5 Area between GZ and HTL				
	Area between GZ and heeling arms shall not be less than				
	Hpc + Hw	1.60	m × °	15.59	Pass
	Ht + Hw	1.60	m × °	19.81	Pass
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	3.2.1 Angle of equilibrium with gust wind HL2				
	Angle of equilibrium due to the following shall not be greater than				
	Wind heeling (Hw)	10.0	°	1.4	Pass
HSC2000 Ch2 Part B: Passenger craft. Intact	2.11 Angle of equilibrium - passenger crowding heeling arm				
	shall be less than (<)	10.0	°	5.6	Pass
HSC2000 Ch2 Part B: Passenger craft. Intact	2.12.1&.2: Combined heeling: Angle of equilibrium				
	Angle of equilibrium due to the following shall not be greater than				
	High-speed turning (Ht)	8.0	°	2.0	Pass
	Hpc + Hw	10.0	°	6.4	Pass
	Ht + Hw	12.0	°	2.7	Pass
Criteria	1.2 Angle of max. GZ				
	shall not be less than	10.0	°	15.0	Pass

Tabla 13 - Criterios de estabilidad C.C.3



10. CONDICION 1 EN AVERIA

SALIDA DE PUERTO, 100% CONSUMOS Y 100% PASAJE
55% DE DESGARRO EN FONDO POR PROA EN CASCO

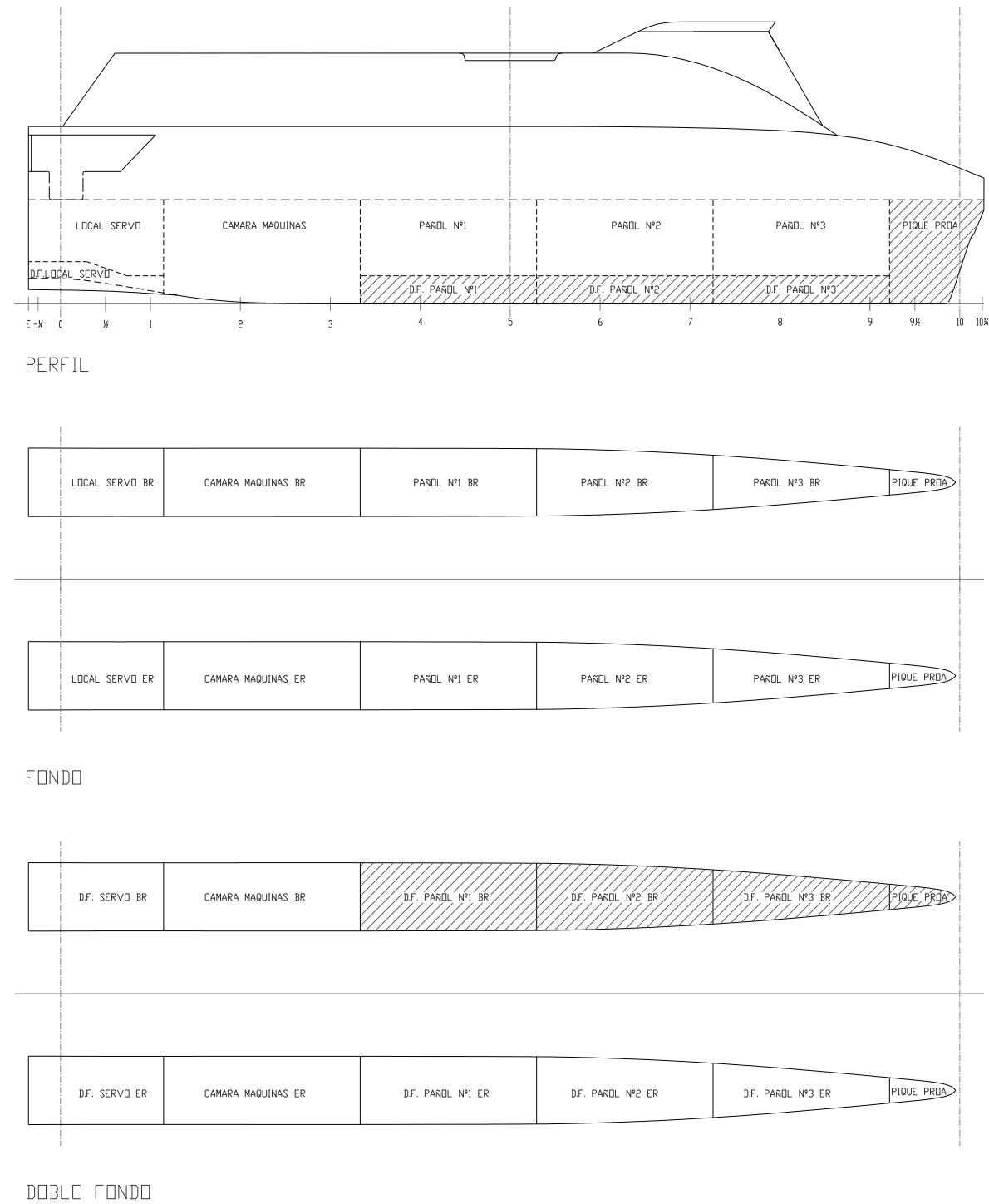


Figura 6 – Compartimentos inundados condición en avería 1



10.1. Curva GZ

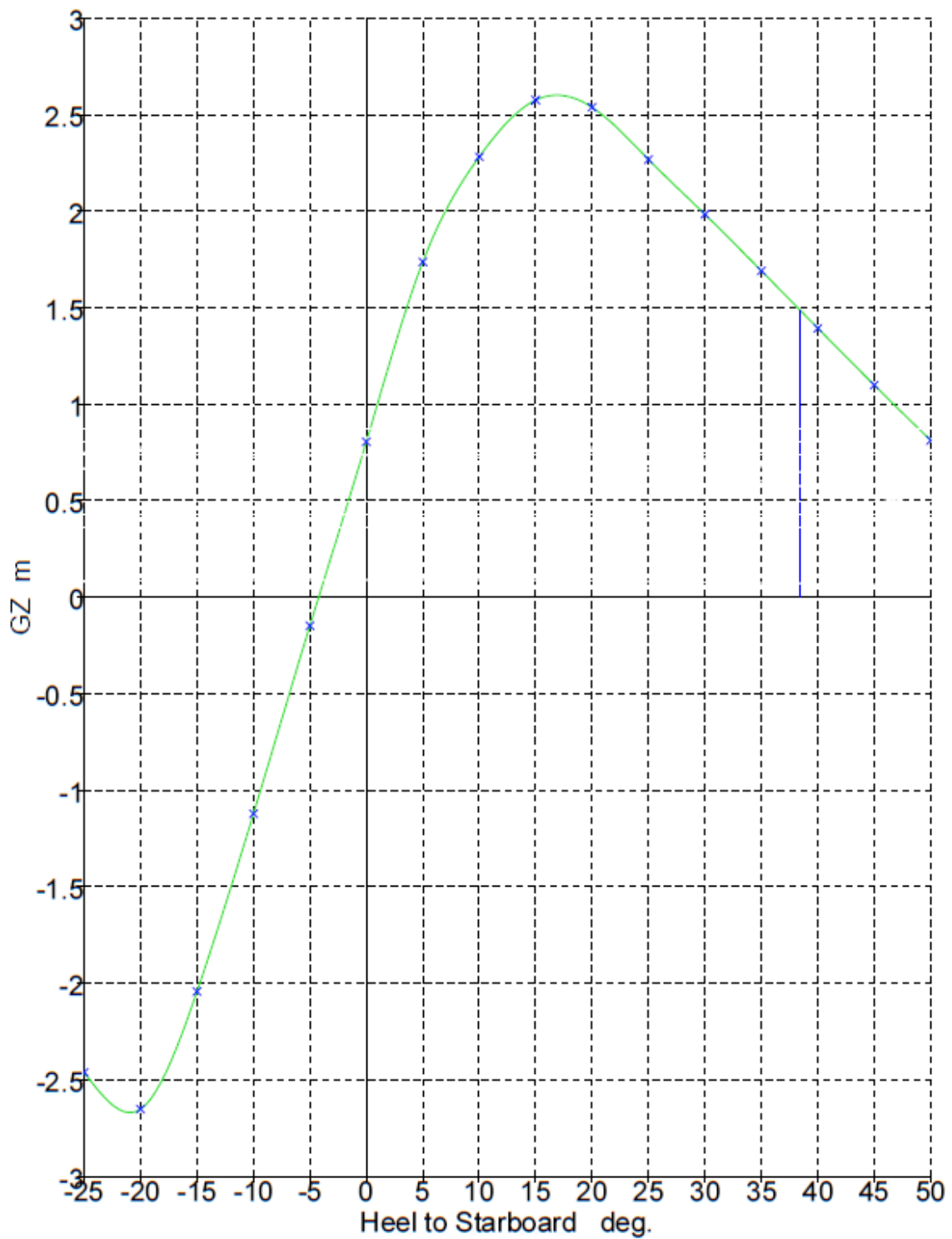


Figura 7 – Curva GZ condición en avería 1



10.2. Criterios de estabilidad

Código	Criterio	Valor	Unidades	Actual	Estatus
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Damage	2.1.1 Area between GZ and HL4				
	Area between GZ and heeling arms shall not be less than				
	Passenger crowding (Hpc)	0.00	m × °	13.78	Pass
	Hpc + Hw	1.60	m × °	13.42	Pass
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Damage	2.6 Value of max. GZ				
	shall be greater than	0.05	m	2.58	Pass
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Damage	2.6 Range of positive stability				
	shall not be less than	7.0	°	38.6	Pass
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Damage	3.2.2 Angle of equilibrium HL3 (passenger craft)				
	Angle of equilibrium due to the following shall not be greater than				
	Wind heeling (Hw)	15.0	°	-3.8	Pass
HSC2000 Ch2 Part B: Passenger craft. Damaged	2.13.2.5 Value of max. GZ in intermediate stages				
	shall be greater than	0.05	m	2.58	Pass
HSC2000 Ch2 Part B: Passenger craft. Damaged	2.13.2.3 Area under GZ curve				
	shall be greater than	0.86	m × °	74.43	Pass
HSC2000 Ch2 Part B: Passenger craft. Damaged	2.13.2.2 Range of positive stability				
	shall be greater than	15.0	°	38.6	Pass
HSC2000 Ch2 Part B: Passenger craft. Damaged	2.13.2.5 Range of positive stability in intermediate stages				
	shall be greater than	7.0	°	42.8	Pass

Tabla 14 - Criterios de estabilidad condición en avería 1



11. CONDICION 2 EN AVERIA

SALIDA DE PUERTO, 100% CONSUMOS Y 100% PASAJE
26% DE DAÑO DEL FONDO EN EL DF. SERVO, C^aM^a Y D.F. PAÑOL 1

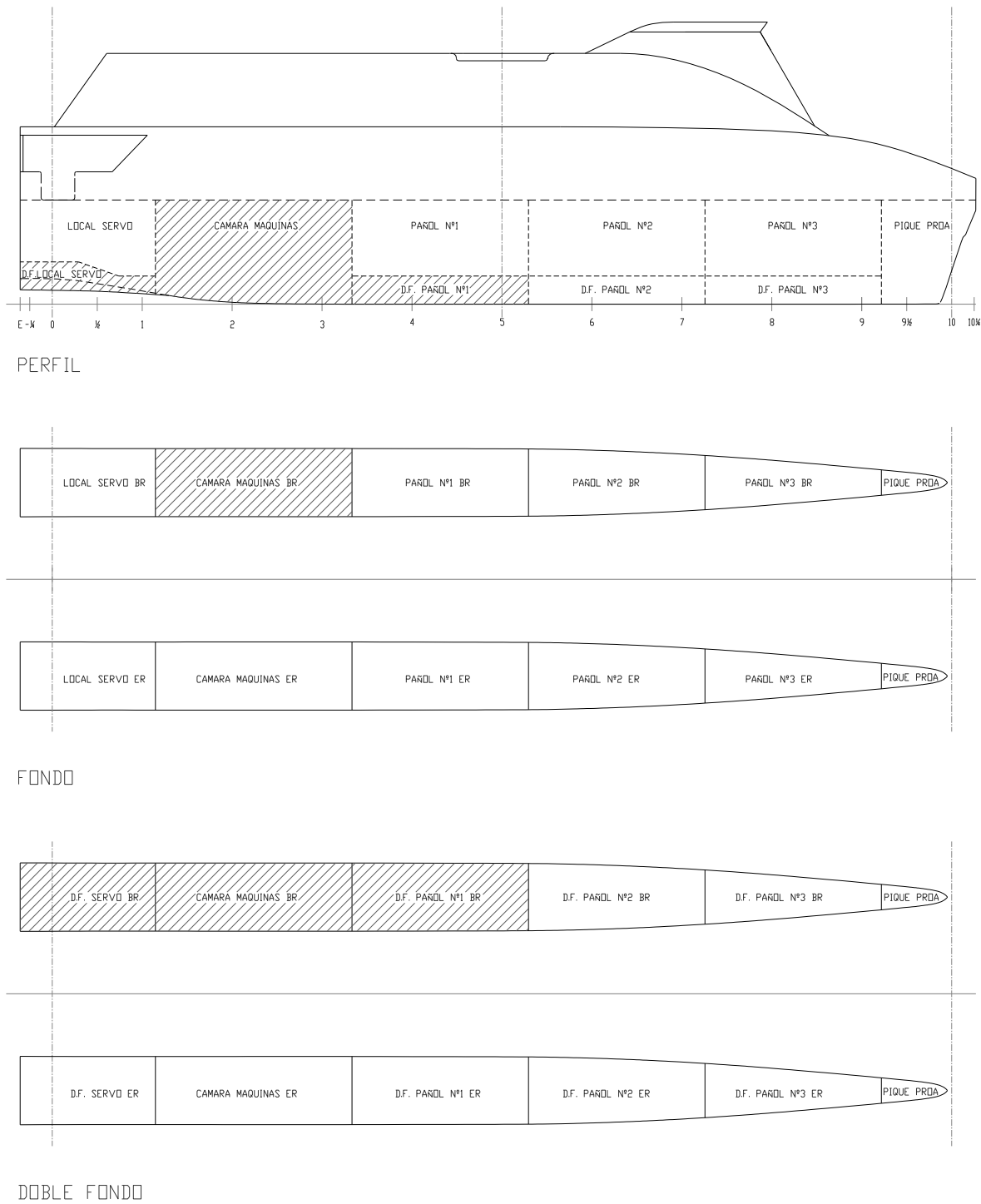


Figura 8 – Compartimentos inundados condición en avería 2



11.1. Curva GZ

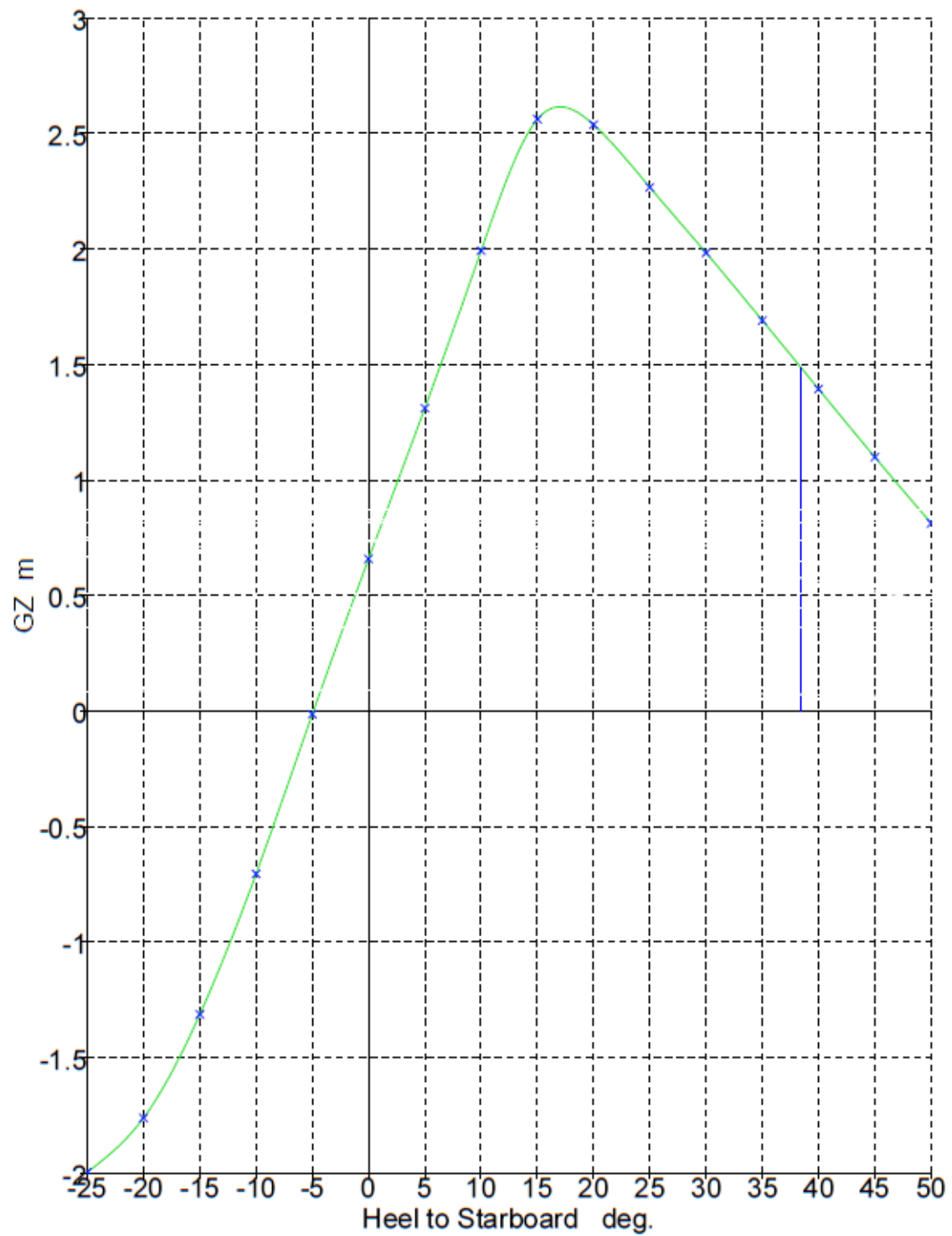


Figura 9 – Curva GZ condición en avería 2



11.2. Criterios de estabilidad

Código	Criterio	Valor	Unidades	Actual	Estatus
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Damage	2.1.1 Area between GZ and HL4				
	Area between GZ and heeling arms shall not be less than				
	Passenger crowding (Hpc)	0.00	m × °	13.81	Pass
	Hpc + Hw	1.60	m × °	13.63	Pass
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Damage	2.6 Value of max. GZ				
	shall be greater than	0.05	m	2.59	Pass
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Damage	2.6 Range of positive stability				
	shall not be less than	7.0	°	38.6	Pass
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Damage	3.2.2 Angle of equilibrium HL3 (passenger craft)				
	Angle of equilibrium due to the following shall not be greater than				
	Wind heeling (Hw)	15.0	°	-4.4	Pass
HSC2000 Ch2 Part B: Passenger craft. Damaged	2.13.2.5 Value of max. GZ in intermediate stages				
	shall be greater than	0.05	m	2.59	Pass
HSC2000 Ch2 Part B: Passenger craft. Damaged	2.13.2.3 Area under GZ curve				
	shall be greater than	0.86	m × °	74.59	Pass
HSC2000 Ch2 Part B: Passenger craft. Damaged	2.13.2.2 Range of positive stability				
	shall be greater than	15.0	°	38.6	Pass
HSC2000 Ch2 Part B: Passenger craft. Damaged	2.13.2.5 Range of positive stability in intermediate stages				
	shall be greater than	7.0	°	43.6	Pass

Tabla 15 - Criterios de estabilidad condición en avería 2



12. CONDICION 3 EN AVERIA

SALIDA DE PUERTO, 100% CONSUMOS Y 100% PASAJE
26% DE DAÑO DEL FONDO EN C^aM^a Y D.F. PAÑOL 1 Y 2

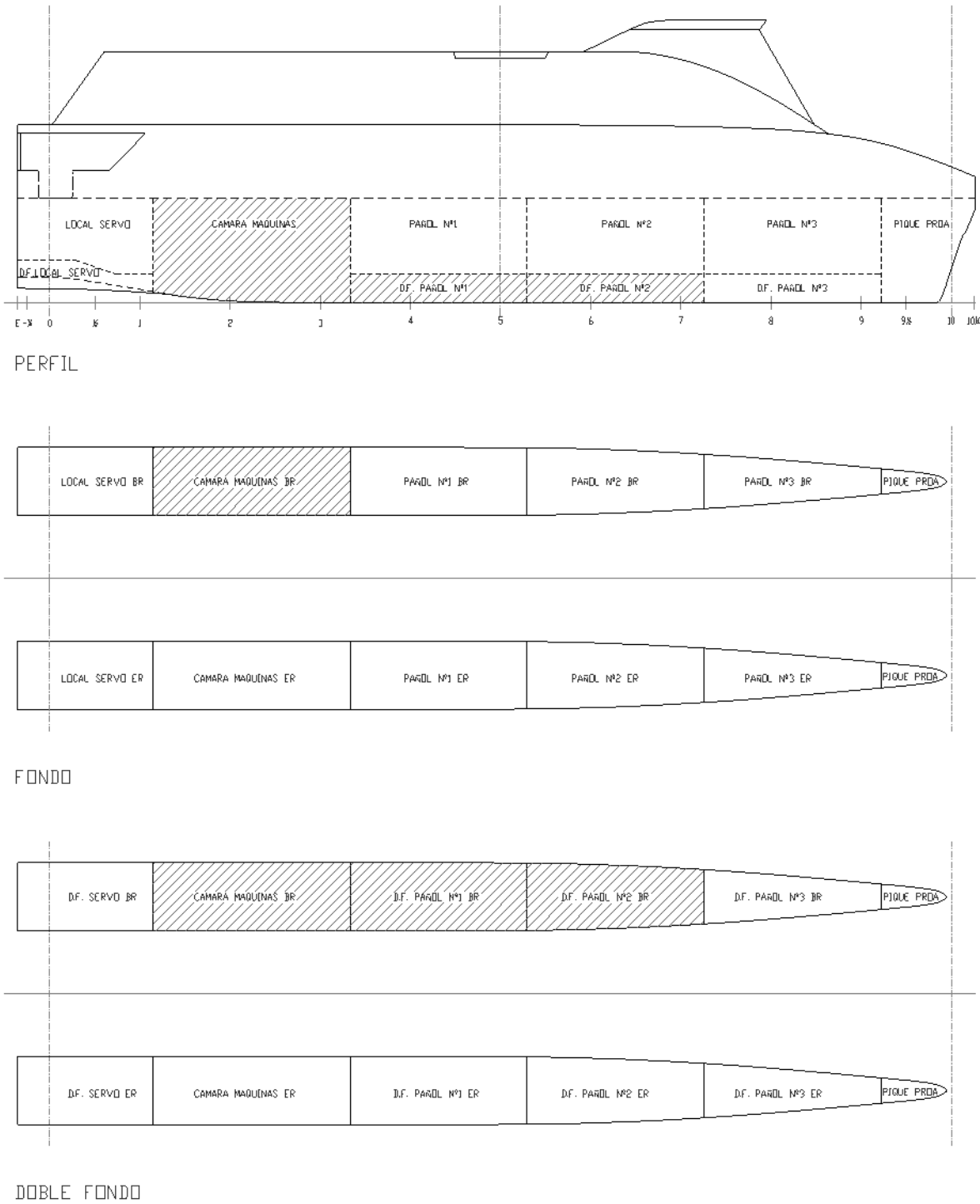


Figura 10 – Compartimentos inundados condición en avería 3



12.1. Curva GZ

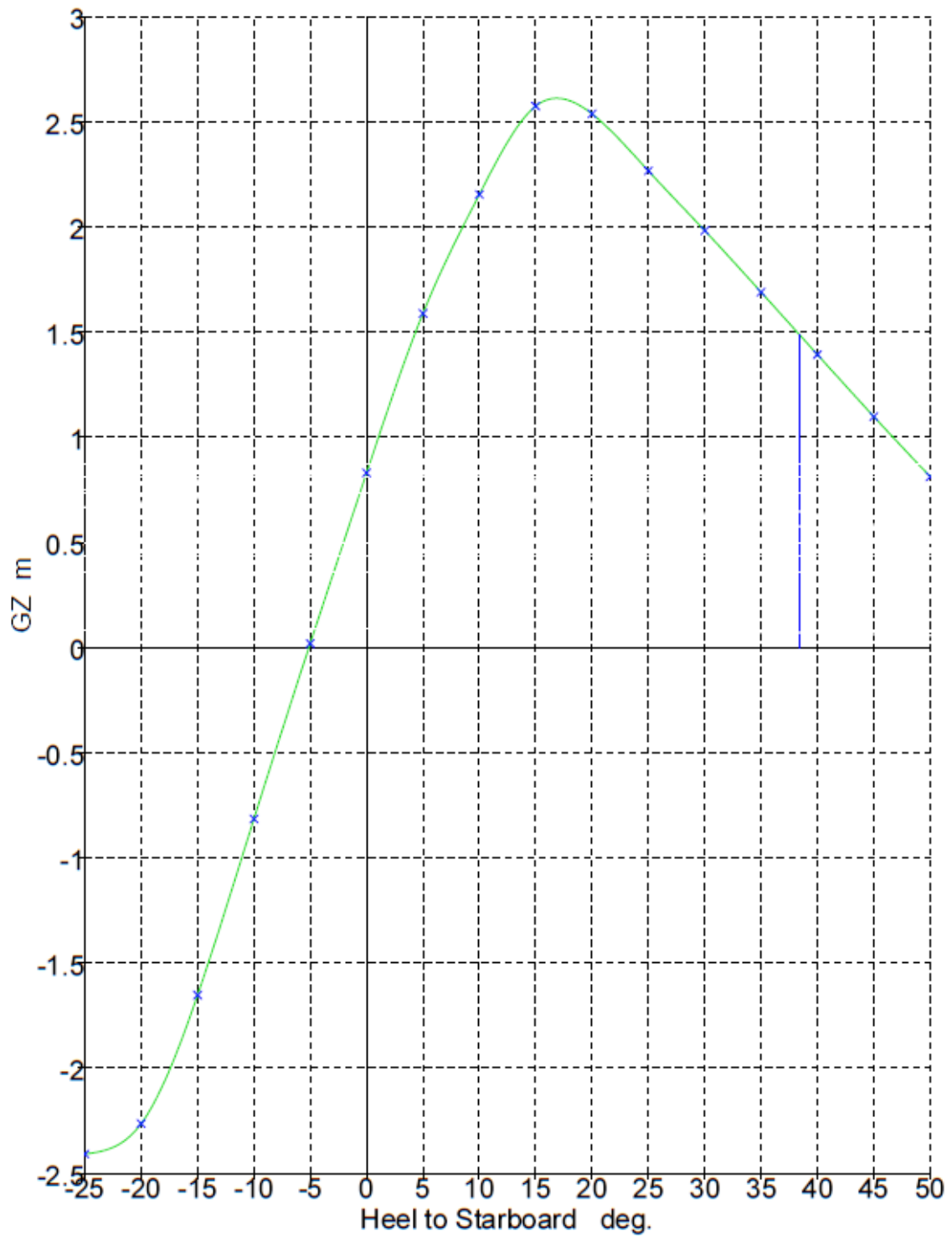


Figura 11 – Curva GZ condición en avería 3



12.2. Criterios de estabilidad

Código	Criterio	Valor	Unidades	Actual	Estatus
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Damage	2.1.1 Area between GZ and HL4				
	Area between GZ and heeling arms shall not be less than				
	Passenger crowding (Hpc)	0.00	m × °	13.61	Pass
	Hpc + Hw	1.60	m × °	13.24	Pass
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Damage	2.6 Value of max. GZ				
	shall be greater than	0.05	m	2.58	Pass
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Damage	2.6 Range of positive stability				
	shall not be less than	7.0	°	38.6	Pass
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Damage	3.2.2 Angle of equilibrium HL3 (passenger craft)				
	Angle of equilibrium due to the following shall not be greater than				
	Wind heeling (Hw)	15.0	°	-4.5	Pass
HSC2000 Ch2 Part B: Passenger craft. Damaged	2.13.2.5 Value of max. GZ in intermediate stages				
	shall be greater than	0.05	m	2.58	Pass
HSC2000 Ch2 Part B: Passenger craft. Damaged	2.13.2.3 Area under GZ curve				
	shall be greater than	0.86	m × °	74.62	Pass
HSC2000 Ch2 Part B: Passenger craft. Damaged	2.13.2.2 Range of positive stability				
	shall be greater than	15.0	°	38.6	Pass
HSC2000 Ch2 Part B: Passenger craft. Damaged	2.13.2.5 Range of positive stability in intermediate stages				
	shall be greater than	7.0	°	43.6	Pass

Tabla 16 - Criterios de estabilidad condición en avería 3



13. CONDICION 4 EN AVERIA
SALIDA DE PUERTO, 100% CONSUMOS Y 100% PASAJE
26% DE DAÑO DEL FONDO EN EL D.F. PAÑOL 1, 2 Y 3

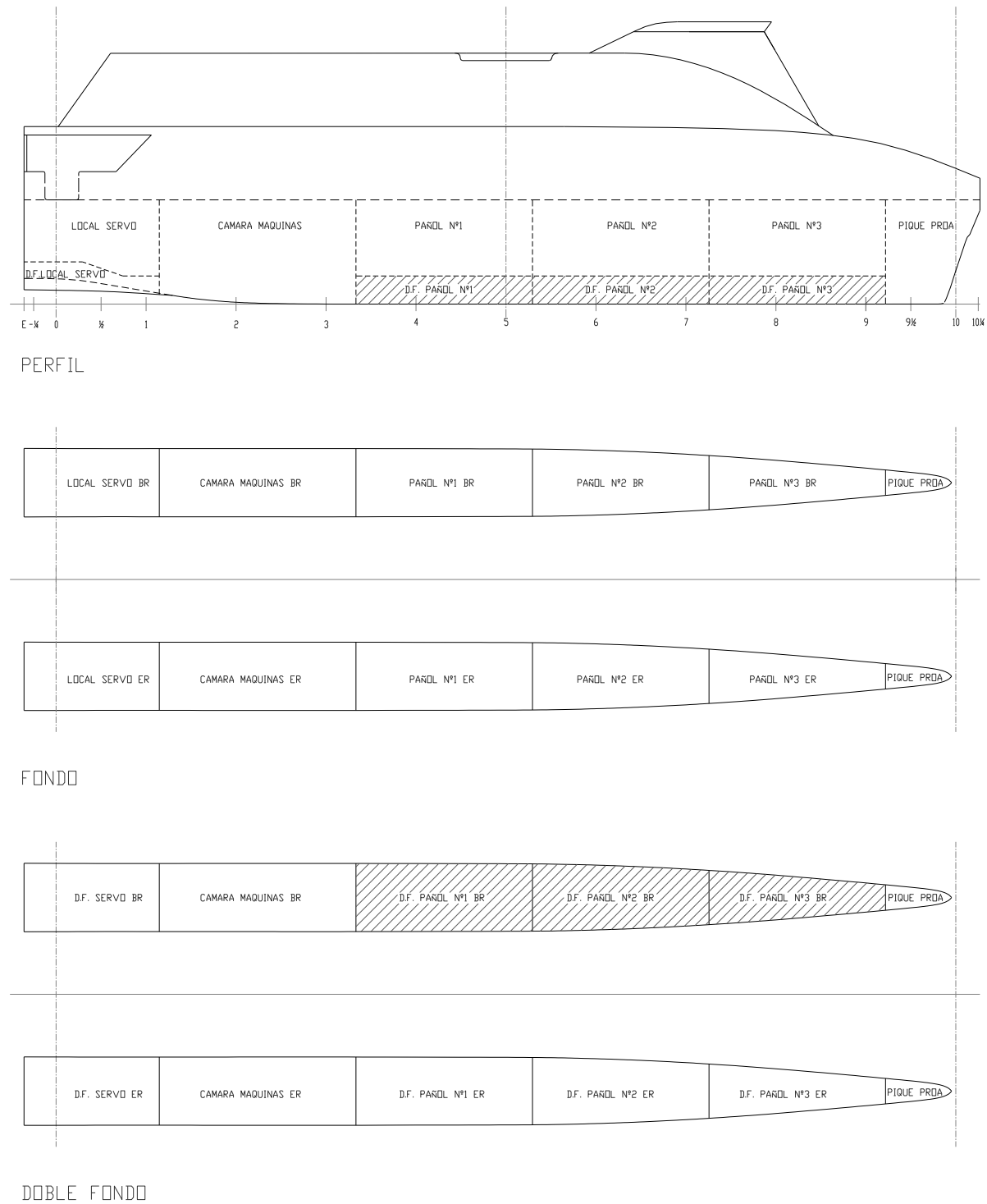


Figura 12 – Compartimentos inundados condición en avería 4



13.1. Curva GZ

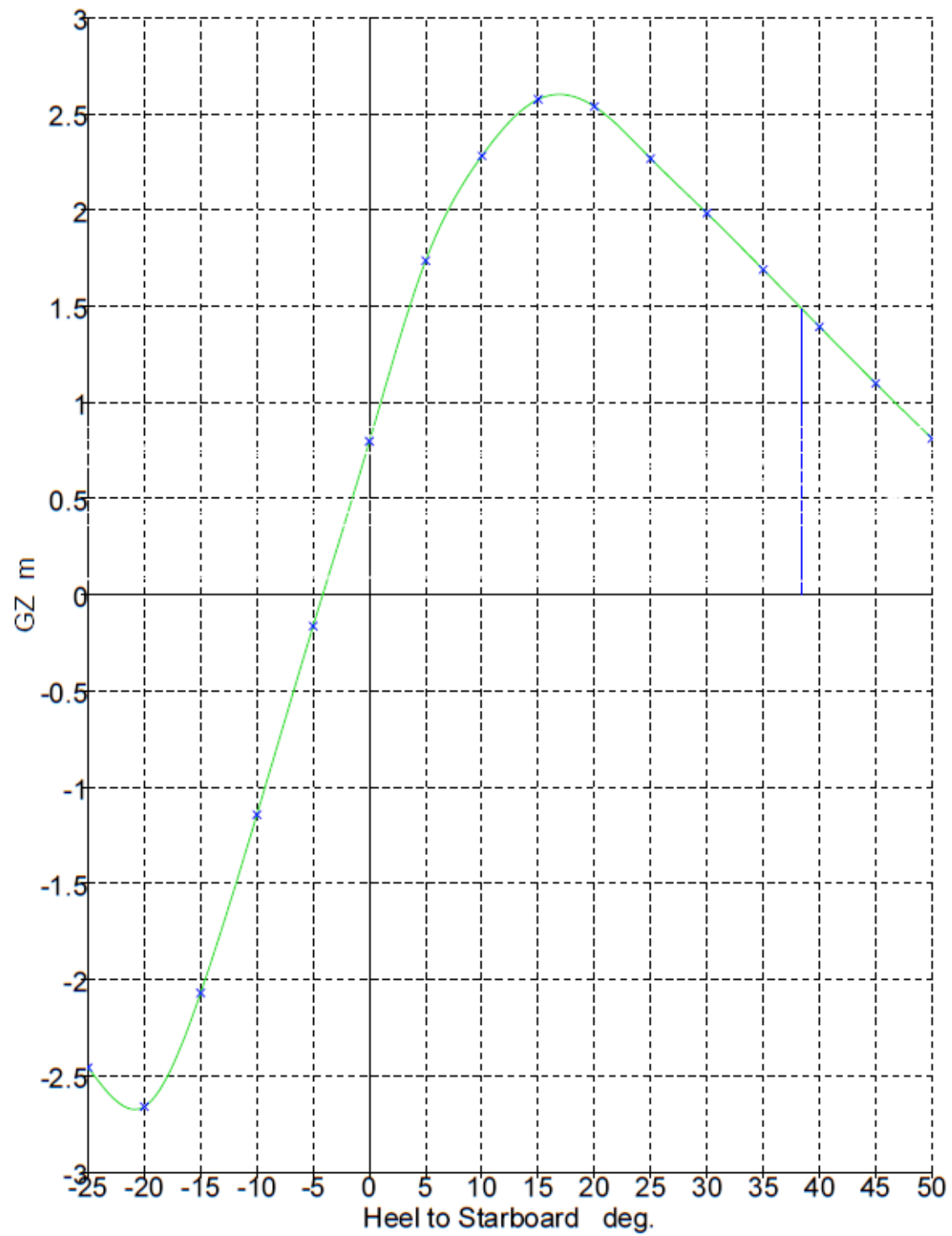


Figura 13 – Curva GZ condición en avería 4



13.2. Criterios de estabilidad

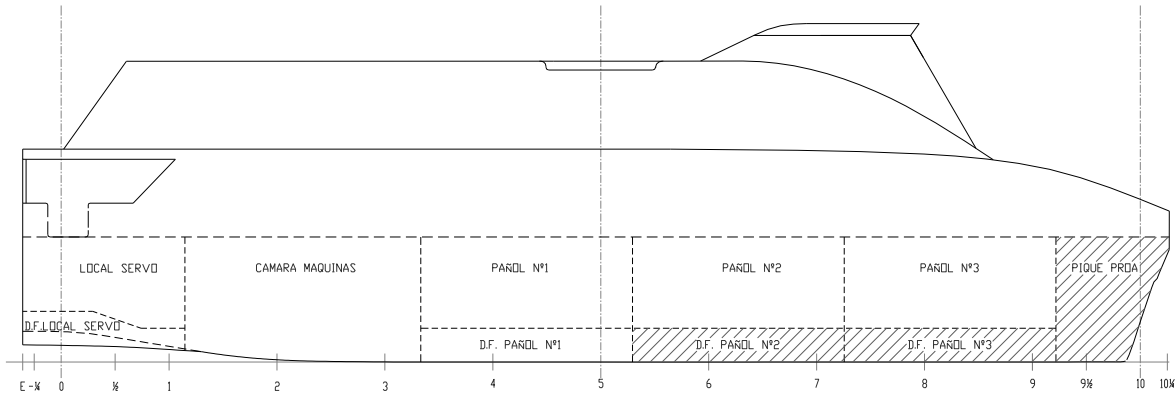
Código	Criterio	Valor	Unidades	Actual	Estatus
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Damage	2.1.1 Area between GZ and HL4				
	Area between GZ and heeling arms shall not be less than				
	Passenger crowding (Hpc)	0.00	m × °	13.80	Pass
	Hpc + Hw	1.60	m × °	13.48	Pass
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Damage	2.6 Value of max. GZ				
	shall be greater than	0.05	m	2.58	Pass
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Damage	2.6 Range of positive stability				
	shall not be less than	7.0	°	38.6	Pass
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Damage	3.2.2 Angle of equilibrium HL3 (passenger craft)				
	Angle of equilibrium due to the following shall not be greater than				
	Wind heeling (Hw)	15.0	°	-3.7	Pass
HSC2000 Ch2 Part B: Passenger craft. Damaged	2.13.2.5 Value of max. GZ in intermediate stages				
	shall be greater than	0.05	m	2.58	Pass
HSC2000 Ch2 Part B: Passenger craft. Damaged	2.13.2.3 Area under GZ curve				
	shall be greater than	0.86	m × °	74.37	Pass
HSC2000 Ch2 Part B: Passenger craft. Damaged	2.13.2.2 Range of positive stability				
	shall be greater than	15.0	°	38.6	Pass
HSC2000 Ch2 Part B: Passenger craft. Damaged	2.13.2.5 Range of positive stability in intermediate stages				
	shall be greater than	7.0	°	42.8	Pass

Tabla 17 - Criterios de estabilidad condición en avería 4

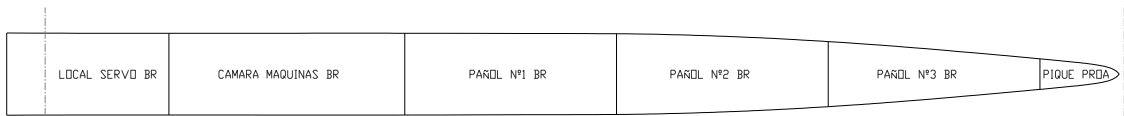


14. CONDICION 5 EN AVERIA

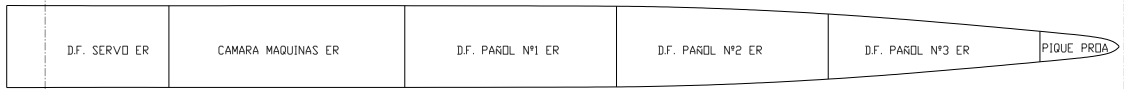
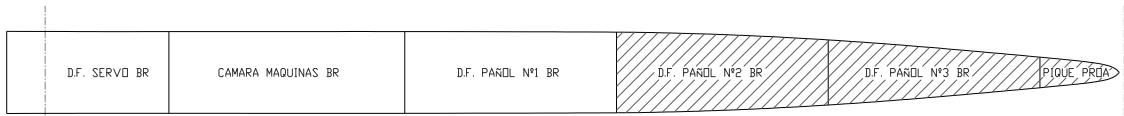
SALIDA DE PUERTO, 100% CONSUMOS Y 100% PASAJE
26% DE DAÑO DEL FONDO EN EL D.F. PAÑOL 2, 3 Y PIQUE DE PROA



PERFIL



FONDO



DOBLE FONDO

Figura 14 – Compartimentos inundados condición en avería 5



14.1. Curva GZ

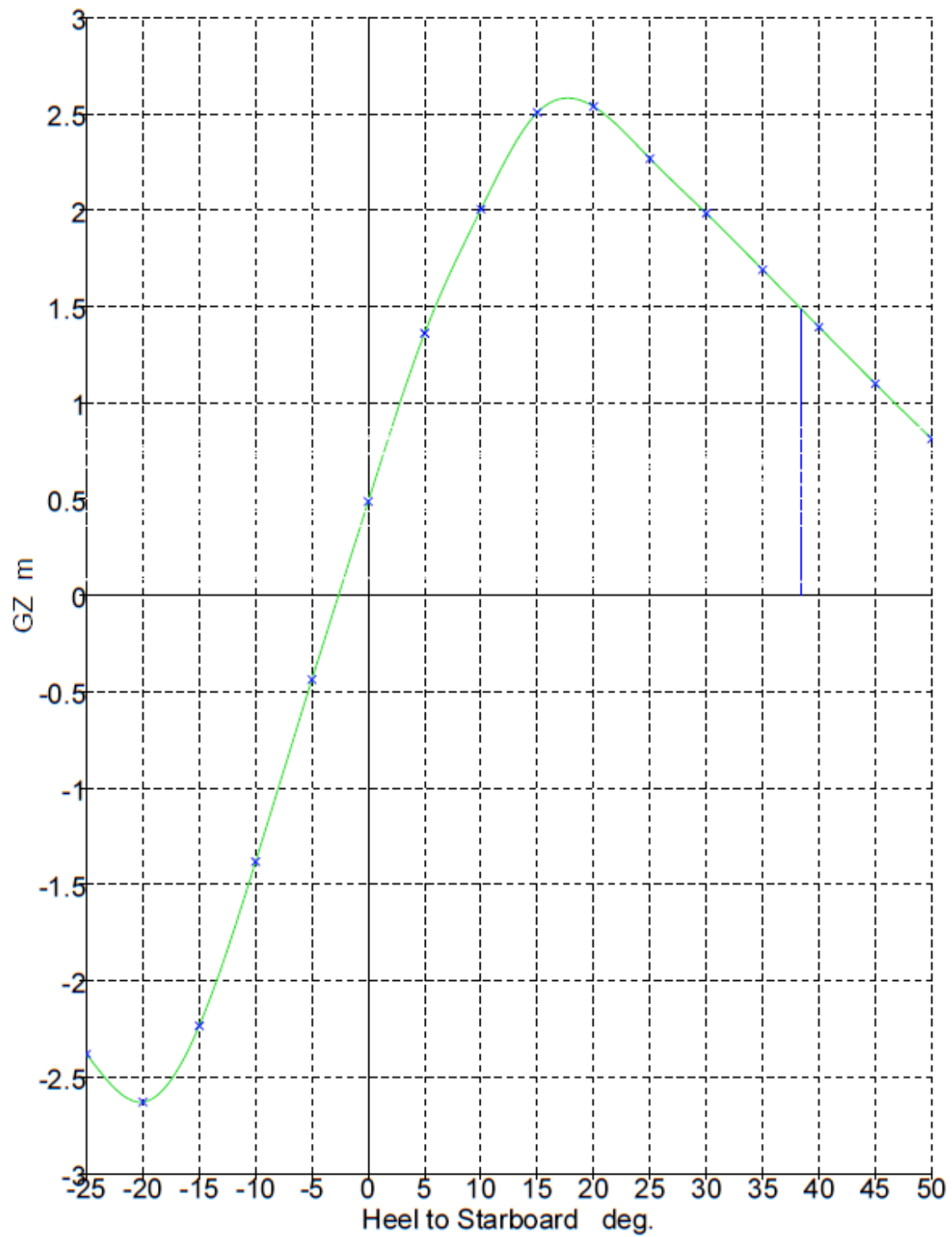


Figura 15 – Curva GZ condición en avería 5



14.2. Criterios de estabilidad

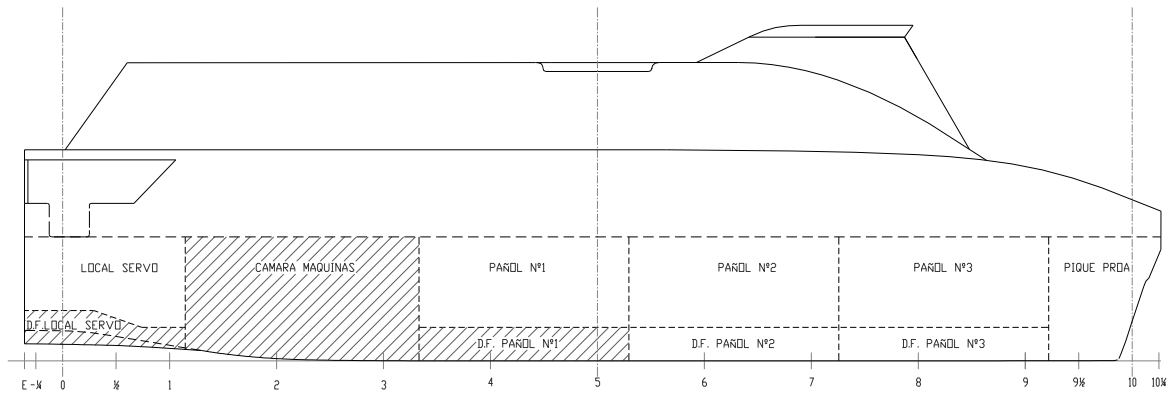
Código	Criterio	Valor	Unidades	Actual	Estatus
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Damage	2.1.1 Area between GZ and HL4				
	Area between GZ and heeling arms shall not be less than				
	Passenger crowding (Hpc)	0.00	m × °	15.03	Pass
	Hpc + Hw	1.60	m × °	14.82	Pass
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Damage	2.6 Value of max. GZ				
	shall be greater than	0.05	m	2.51	Pass
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Damage	2.6 Range of positive stability				
	shall not be less than	7.0	°	38.6	Pass
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Damage	3.2.2 Angle of equilibrium HL3 (passenger craft)				
	Angle of equilibrium due to the following shall not be greater than				
	Wind heeling (Hw)	15.0	°	-2.2	Pass
HSC2000 Ch2 Part B: Passenger craft. Damaged	2.13.2.5 Value of max. GZ in intermediate stages				
	shall be greater than	0.05	m	2.51	Pass
HSC2000 Ch2 Part B: Passenger craft. Damaged	2.13.2.3 Area under GZ curve				
	shall be greater than	0.86	m × °	71.02	Pass
HSC2000 Ch2 Part B: Passenger craft. Damaged	2.13.2.2 Range of positive stability				
	shall be greater than	15.0	°	38.6	Pass
HSC2000 Ch2 Part B: Passenger craft. Damaged	2.13.2.5 Range of positive stability in intermediate stages				
	shall be greater than	7.0	°	41.3	Pass

Tabla 18 - Criterios de estabilidad condición en avería 5



15. CONDICION 6 EN AVERIA

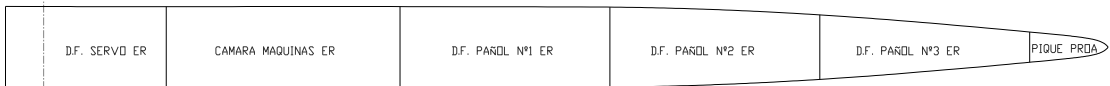
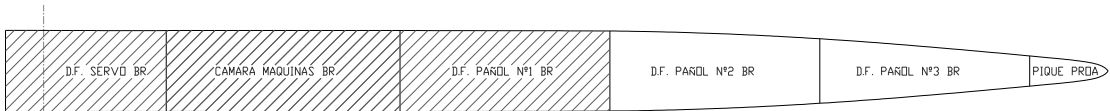
LLEGADA A PUERTO, 10% CONSUMOS Y 100% PASAJE
26% DE DAÑO DEL FONDO EN EL DF. SERVO, C^aM^a Y D.F. PAÑOL 1



PERFIL



FONDO



DOBLE FONDO

Figura 16 – Compartimentos inundados condición en avería 6



15.1. Curva GZ

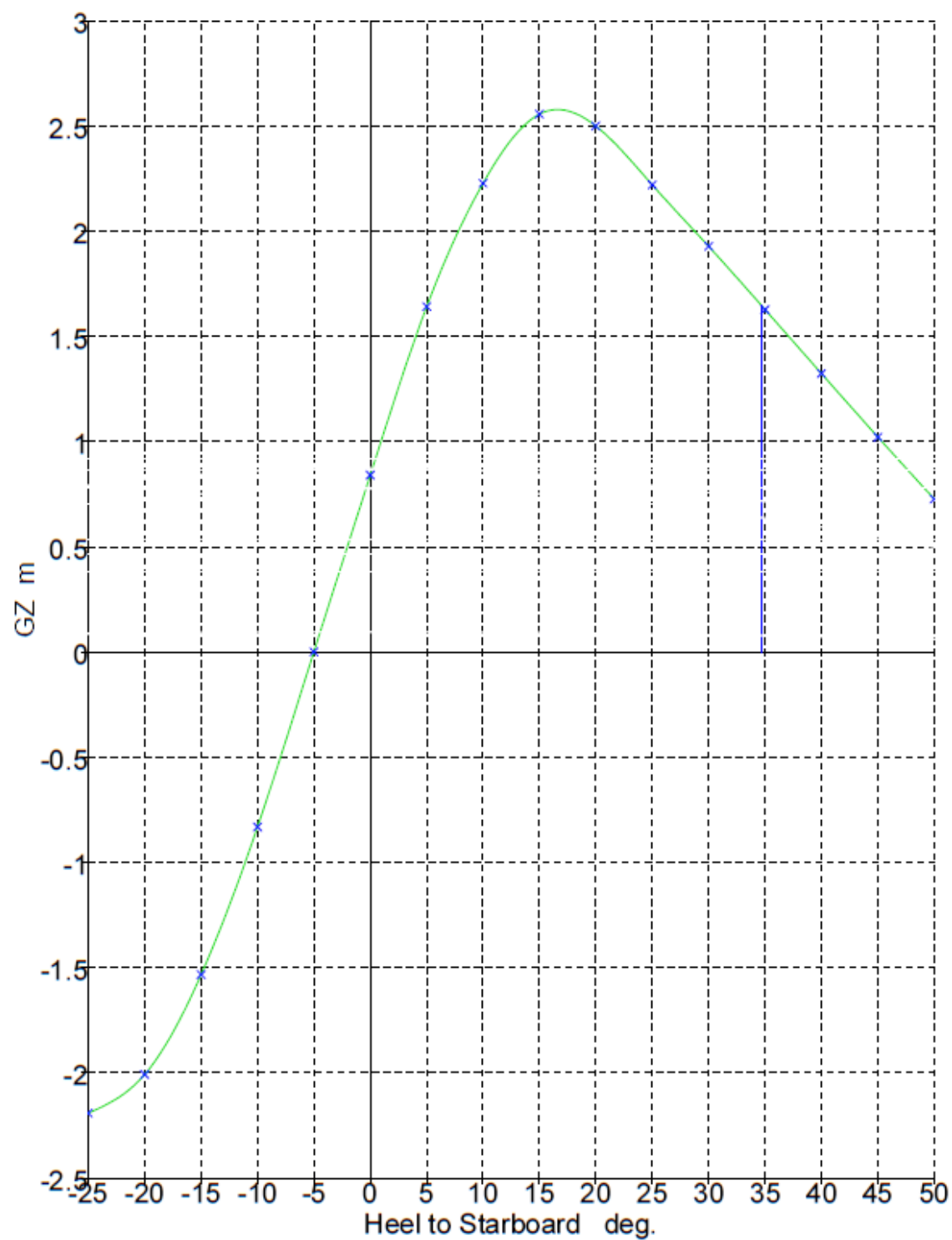


Figura 17 – Curva GZ condición en avería 6



15.2. Criterios de estabilidad

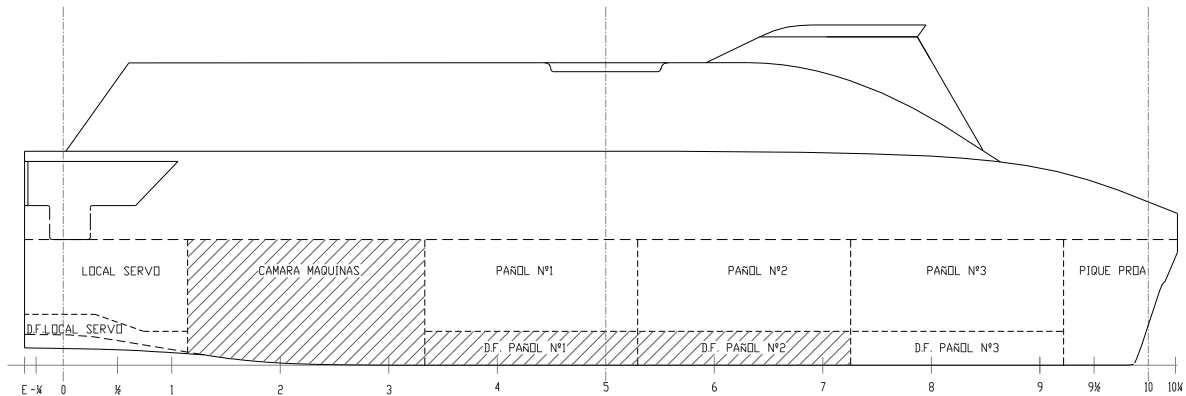
Código	Criterio	Valor	Unidades	Actual	Estatus
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Damage	2.1.1 Area between GZ and HL4				
	Area between GZ and heeling arms shall not be less than				
	Passenger crowding (Hpc)	0.00	m × °	13.26	Pass
	Hpc + Hw	1.60	m × °	13.02	Pass
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Damage	2.6 Value of max. GZ				
	shall be greater than	0.05	m	2.56	Pass
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Damage	2.6 Range of positive stability				
	shall not be less than	7.0	°	34.7	Pass
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Damage	3.2.2 Angle of equilibrium HL3 (passenger craft)				
	Angle of equilibrium due to the following shall not be greater than				
	Wind heeling (Hw)	15.0	°	-4.7	Pass
HSC2000 Ch2 Part B: Passenger craft. Damaged	2.13.2.5 Value of max. GZ in intermediate stages				
	shall be greater than	0.05	m	2.56	Pass
HSC2000 Ch2 Part B: Passenger craft. Damaged	2.13.2.3 Area under GZ curve				
	shall be greater than	0.86	m × °	67.58	Pass
HSC2000 Ch2 Part B: Passenger craft. Damaged	2.13.2.2 Range of positive stability				
	shall be greater than	15.0	°	34.7	Pass
HSC2000 Ch2 Part B: Passenger craft. Damaged	2.13.2.5 Range of positive stability in intermediate stages				
	shall be greater than	7.0	°	40.0	Pass

Tabla 19 - Criterios de estabilidad condición en avería 6

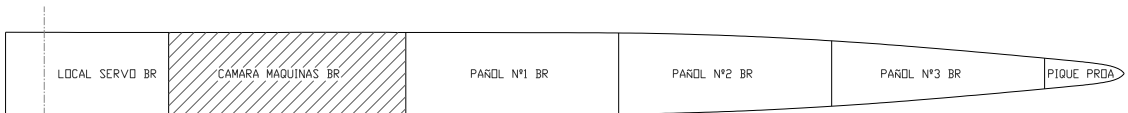


16. CONDICION 7 EN AVERIA

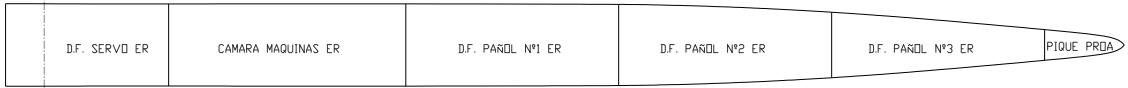
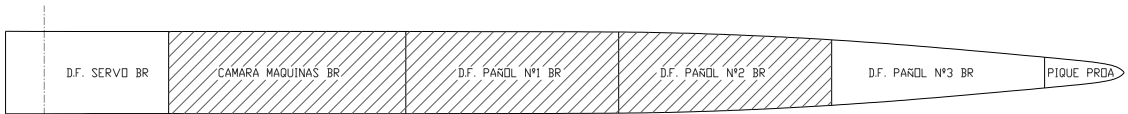
LLEGADA A PUERTO, 10% CONSUMOS Y 100% PASAJE
26% DE DAÑO DEL FONDO EN C^aM^a Y D.F. PAÑOL 1 Y 2



PERFIL



FONDO



DOBLE FONDO

Figura 18 – Compartimentos inundados condición en avería 7



16.1. Curva GZ

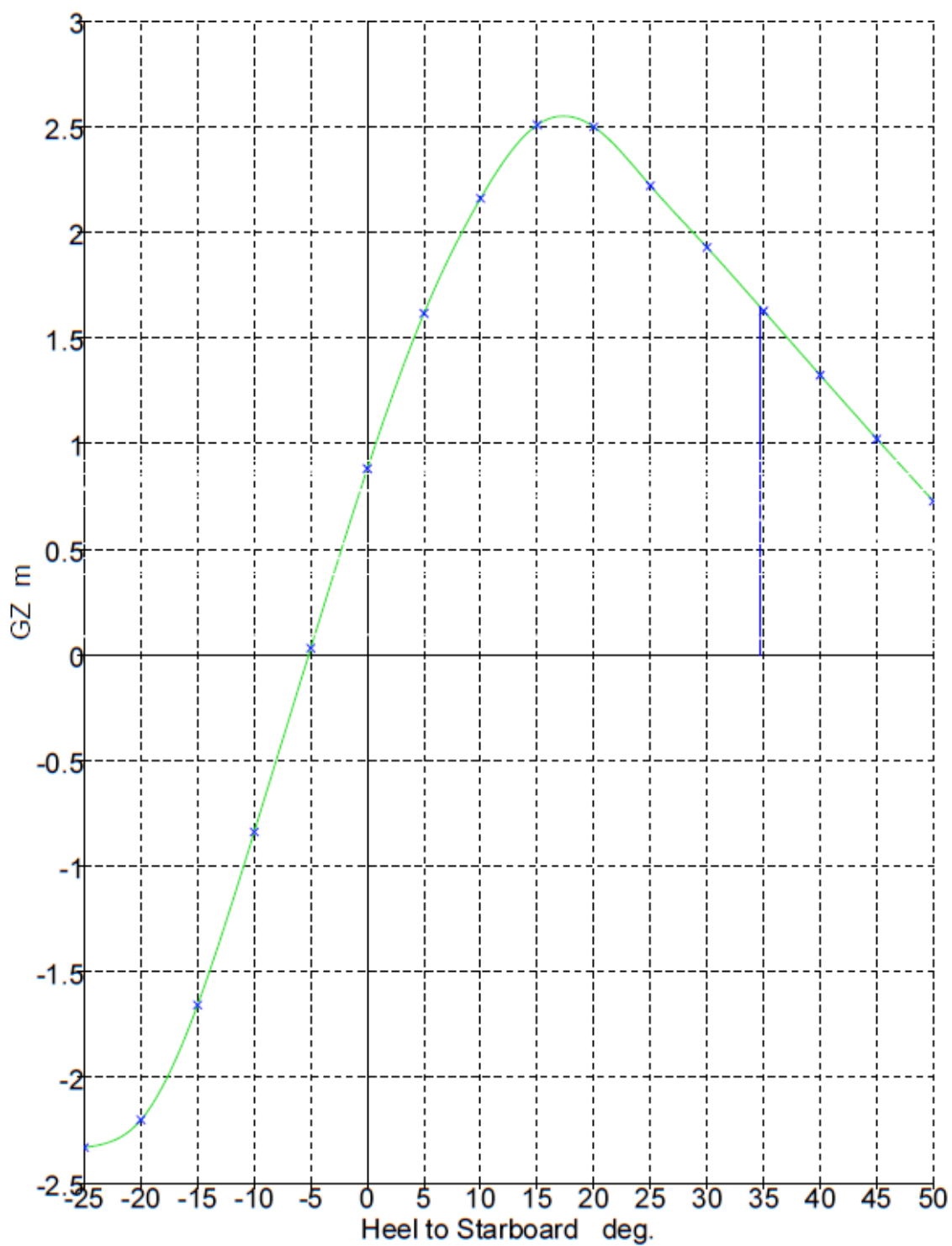


Figura 19 – Curva GZ condición en avería 7



16.2. Criterios de estabilidad

Código	Criterio	Valor	Unidades	Actual	Estatus
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Damage	2.1.1 Area between GZ and HL4				
	Area between GZ and heeling arms shall not be less than				
	Passenger crowding (Hpc)	0.00	m × °	12.87	Pass
	Hpc + Hw	1.60	m × °	12.39	Pass
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Damage	2.6 Value of max. GZ				
	shall be greater than	0.05	m	2.51	Pass
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Damage	2.6 Range of positive stability				
	shall not be less than	7.0	°	34.7	Pass
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Damage	3.2.2 Angle of equilibrium HL3 (passenger craft)				
	Angle of equilibrium due to the following shall not be greater than				
	Wind heeling (Hw)	15.0	°	-4.6	Pass
HSC2000 Ch2 Part B: Passenger craft. Damaged	2.13.2.5 Value of max. GZ in intermediate stages				
	shall be greater than	0.05	m	2.51	Pass
HSC2000 Ch2 Part B: Passenger craft. Damaged	2.13.2.3 Area under GZ curve				
	shall be greater than	0.86	m × °	67.15	Pass
HSC2000 Ch2 Part B: Passenger craft. Damaged	2.13.2.2 Range of positive stability				
	shall be greater than	15.0	°	34.7	Pass
HSC2000 Ch2 Part B: Passenger craft. Damaged	2.13.2.5 Range of positive stability in intermediate stages				
	shall be greater than	7.0	°	39.9	Pass

Tabla 20 - Criterios de estabilidad condición en avería 7



17. CONDICION 8 EN AVERIA

LLEGADA A PUERTO, 10% CONSUMOS Y 100% PASAJE
26% DE DAÑO DEL FONDO EN EL D.F. PAÑOL 1, 2 Y 3

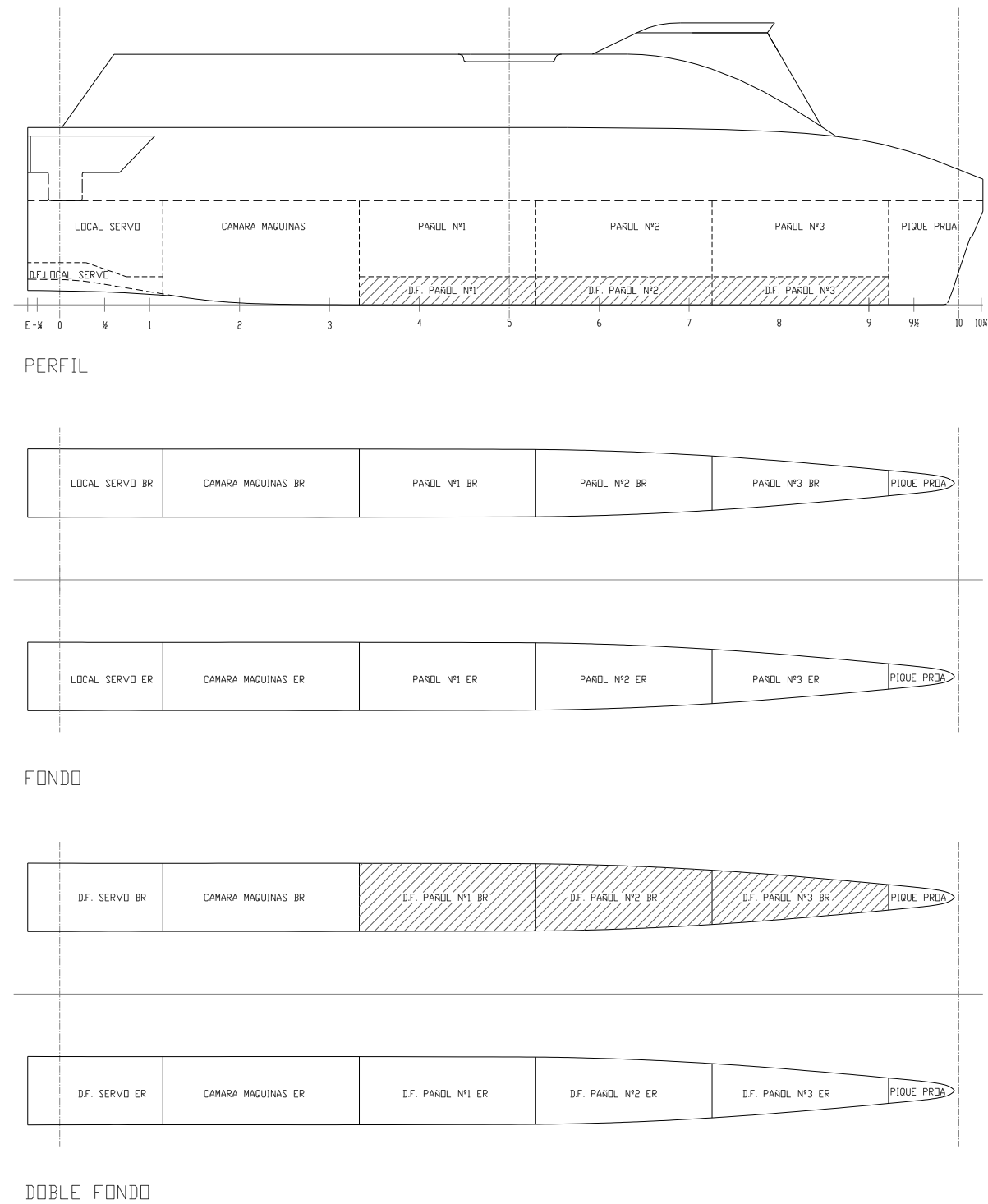


Figura 20 – Compartimentos inundados condición en avería 8



17.1. Curva GZ

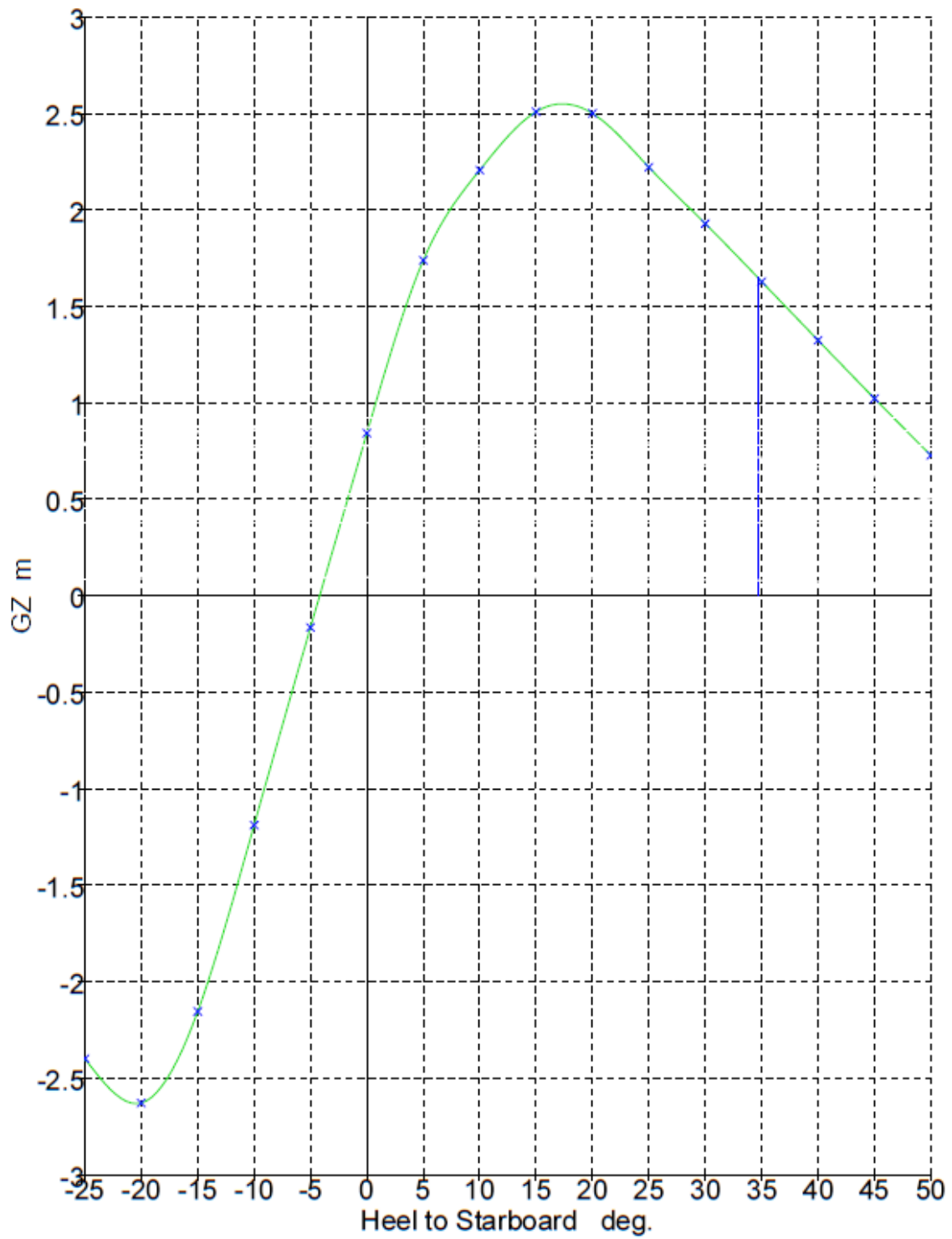


Figura 21 – Curva GZ condición en avería 8



17.2. Criterios de estabilidad

Código	Criterio	Valor	Unidades	Actual	Estatus
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Damage	2.1.1 Area between GZ and HL4				
	Area between GZ and heeling arms shall not be less than				
	Passenger crowding (Hpc)	0.00	m × °	13.05	Pass
	Hpc + Hw	1.60	m × °	12.64	Pass
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Damage	2.6 Value of max. GZ				
	shall be greater than	0.05	m	2.51	Pass
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Damage	2.6 Range of positive stability				
	shall not be less than	7.0	°	34.7	Pass
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Damage	3.2.2 Angle of equilibrium HL3 (passenger craft)				
	Angle of equilibrium due to the following shall not be greater than				
	Wind heeling (Hw)	15.0	°	-3.7	Pass
HSC2000 Ch2 Part B: Passenger craft. Damaged	2.13.2.5 Value of max. GZ in intermediate stages				
	shall be greater than	0.05	m	2.51	Pass
HSC2000 Ch2 Part B: Passenger craft. Damaged	2.13.2.3 Area under GZ curve				
	shall be greater than	0.86	m × °	66.86	Pass
HSC2000 Ch2 Part B: Passenger craft. Damaged	2.13.2.2 Range of positive stability				
	shall be greater than	15.0	°	34.7	Pass
HSC2000 Ch2 Part B: Passenger craft. Damaged	2.13.2.5 Range of positive stability in intermediate stages				
	shall be greater than	7.0	°	38.9	Pass

Tabla 21 - Criterios de estabilidad condición en avería 8



18. CONDICION 9 EN AVERIA

LLEGADA A PUERTO, 10% CONSUMOS Y 100% PASAJE
26% DE DAÑO DEL FONDO EN EL D.F. PAÑOL 2, 3 Y PIQUE DE PROA

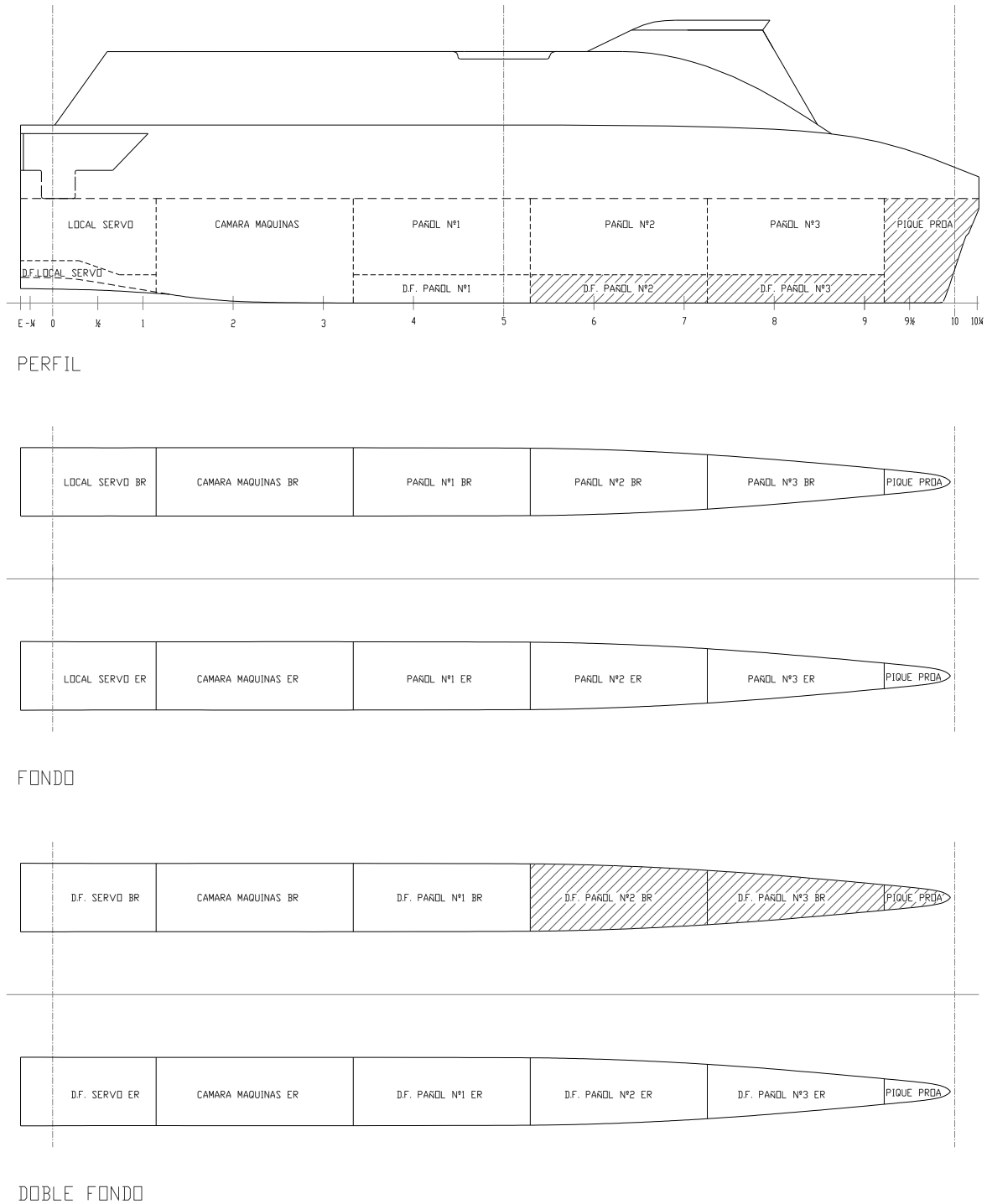


Figura 22 – Compartimentos inundados condición en avería 9



18.1. Curva GZ

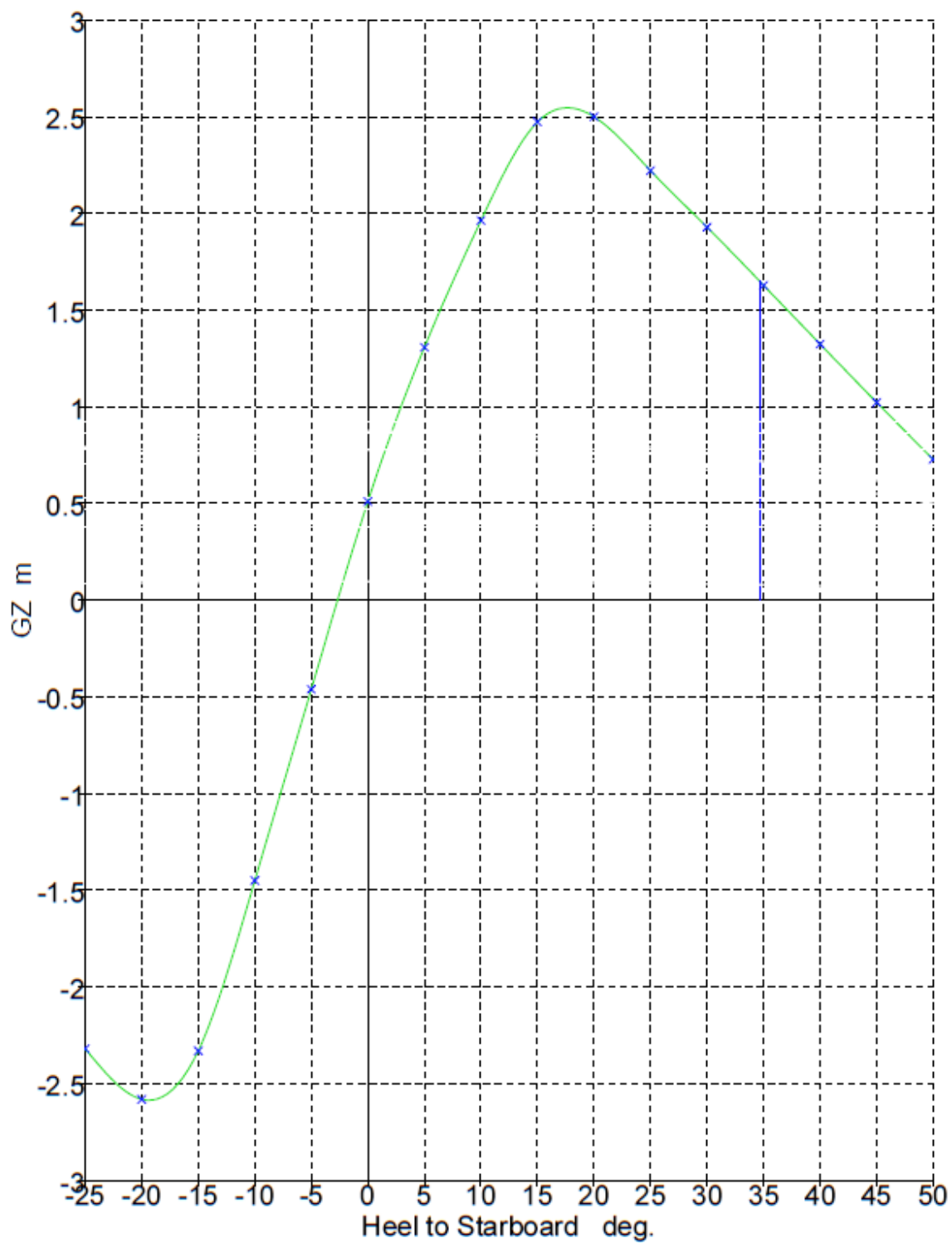


Figura 23 – Curva GZ condición en avería 9



18.2. Criterios de estabilidad

Código	Criterio	Valor	Unidades	Actual	Estatus
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Damage	2.1.1 Area between GZ and HL4				
	Area between GZ and heeling arms shall not be less than				
	Passenger crowding (Hpc)	0.00	m × °	14.56	Pass
	Hpc + Hw	1.60	m × °	14.31	Pass
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Damage	2.6 Value of max. GZ				
	shall be greater than	0.05	m	2.47	Pass
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Damage	2.6 Range of positive stability				
	shall not be less than	7.0	°	34.7	Pass
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Damage	3.2.2 Angle of equilibrium HL3 (passenger craft)				
	Angle of equilibrium due to the following shall not be greater than				
	Wind heeling (Hw)	15.0	°	-2.2	Pass
HSC2000 Ch2 Part B: Passenger craft. Damaged	2.13.2.5 Value of max. GZ in intermediate stages				
	shall be greater than	0.05	m	2.47	Pass
HSC2000 Ch2 Part B: Passenger craft. Damaged	2.13.2.3 Area under GZ curve				
	shall be greater than	0.86	m × °	63.83	Pass
HSC2000 Ch2 Part B: Passenger craft. Damaged	2.13.2.2 Range of positive stability				
	shall be greater than	15.0	°	34.7	Pass
HSC2000 Ch2 Part B: Passenger craft. Damaged	2.13.2.5 Range of positive stability in intermediate stages				
	shall be greater than	7.0	°	37.4	Pass

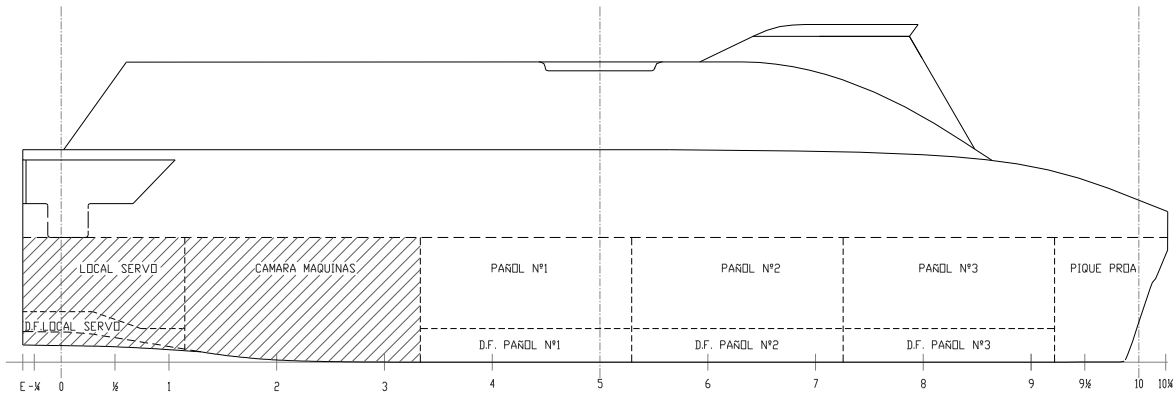
Tabla 22 - Criterios de estabilidad condición en avería 9



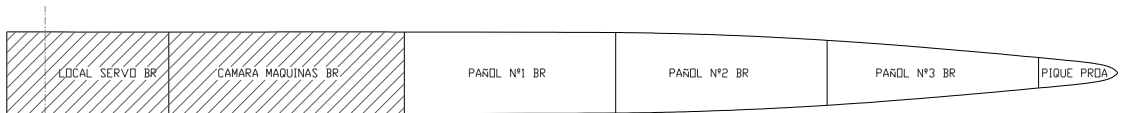
19. CONDICION 10 EN AVERIA

SALIDA DE PUERTO, 100% CONSUMOS Y 100% PASAJE

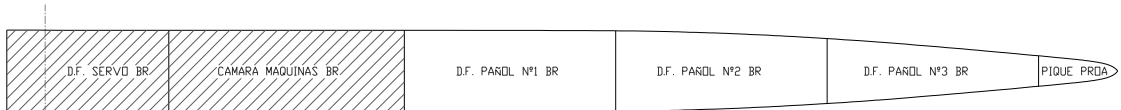
DAÑOS EN EL COSTADO EN LOCAL DEL SERVO, D.F. SERVO Y C^aM^a



PERFIL



FONDO



DOBLE FONDO

Figura 24 – Compartimentos inundados condición en avería 10



19.1. Curva GZ

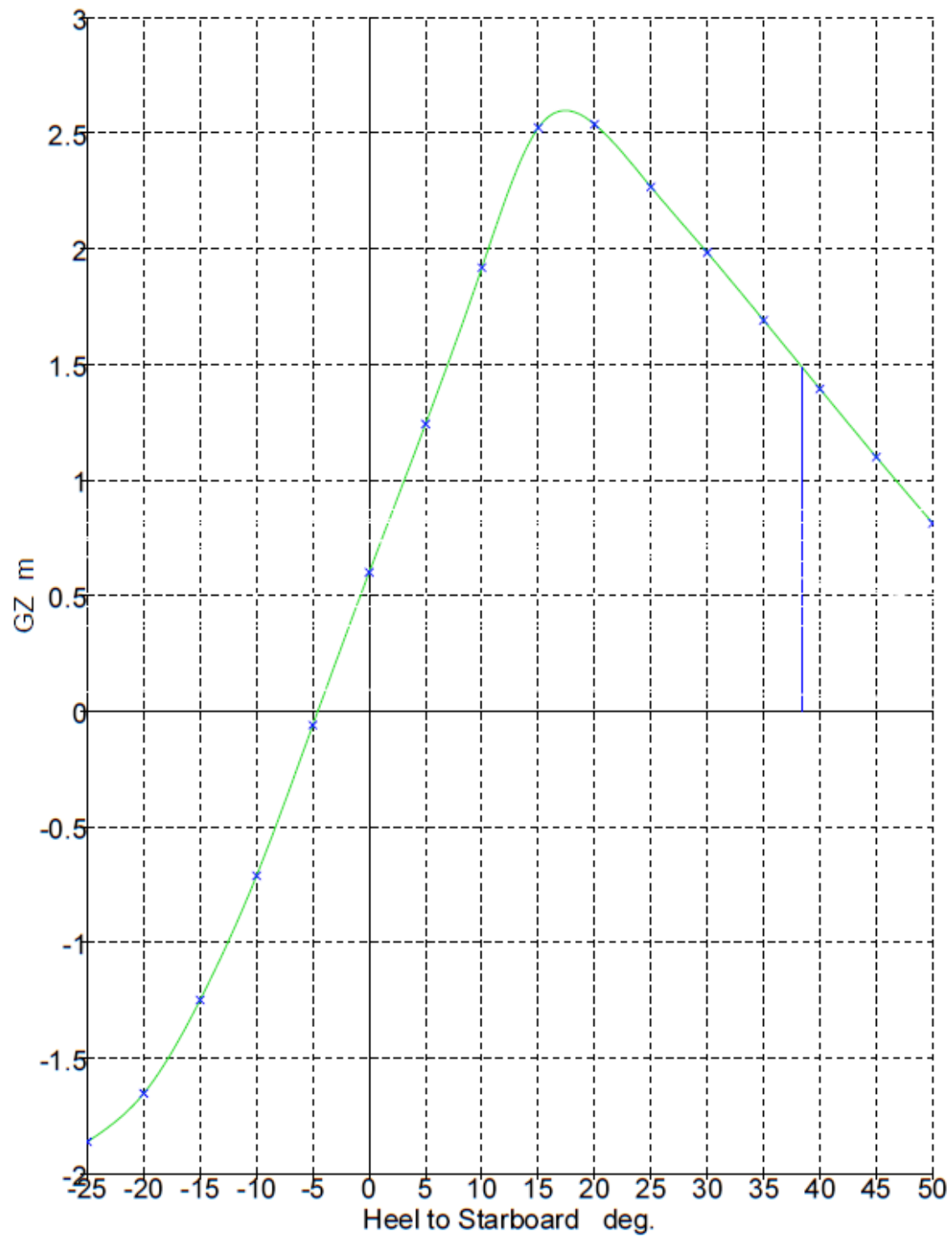


Figura 25 – Curva GZ condición en avería 10



19.2. Criterios de estabilidad

Código	Criterio	Valor	Unidades	Actual	Estatus
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Damage	2.1.1 Area between GZ and HL4				
	Area between GZ and heeling arms shall not be less than				
	Passenger crowding (Hpc)	0.00	m × °	14.48	Pass
	Hpc + Hw	1.60	m × °	14.36	Pass
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Damage	2.6 Value of max. GZ				
	shall be greater than	0.05	m	2.52	Pass
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Damage	2.6 Range of positive stability				
	shall not be less than	7.0	°	38.6	Pass
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Damage	3.2.2 Angle of equilibrium HL3 (passenger craft)				
	Angle of equilibrium due to the following shall not be greater than				
	Wind heeling (Hw)	15.0	°	-4.1	Pass
HSC2000 Ch2 Part B: Passenger craft. Damaged	2.13.2.5 Value of max. GZ in intermediate stages				
	shall be greater than	0.05	m	2.52	Pass
HSC2000 Ch2 Part B: Passenger craft. Damaged	2.13.2.3 Area under GZ curve				
	shall be greater than	0.86	m × °	72.11	Pass
HSC2000 Ch2 Part B: Passenger craft. Damaged	2.13.2.2 Range of positive stability				
	shall be greater than	15.0	°	38.6	Pass
HSC2000 Ch2 Part B: Passenger craft. Damaged	2.13.2.5 Range of positive stability in intermediate stages				
	shall be greater than	7.0	°	43.5	Pass

Tabla 23 - Criterios de estabilidad condición en avería 10



20. CONDICION 11 EN AVERIA

SALIDA DE PUERTO, 100% CONSUMOS Y 100% PASAJE
DAÑOS EN EL COSTADO CªMª, PAÑOL 1, D.F. PAÑOL 1 Y TANQUE A.D.

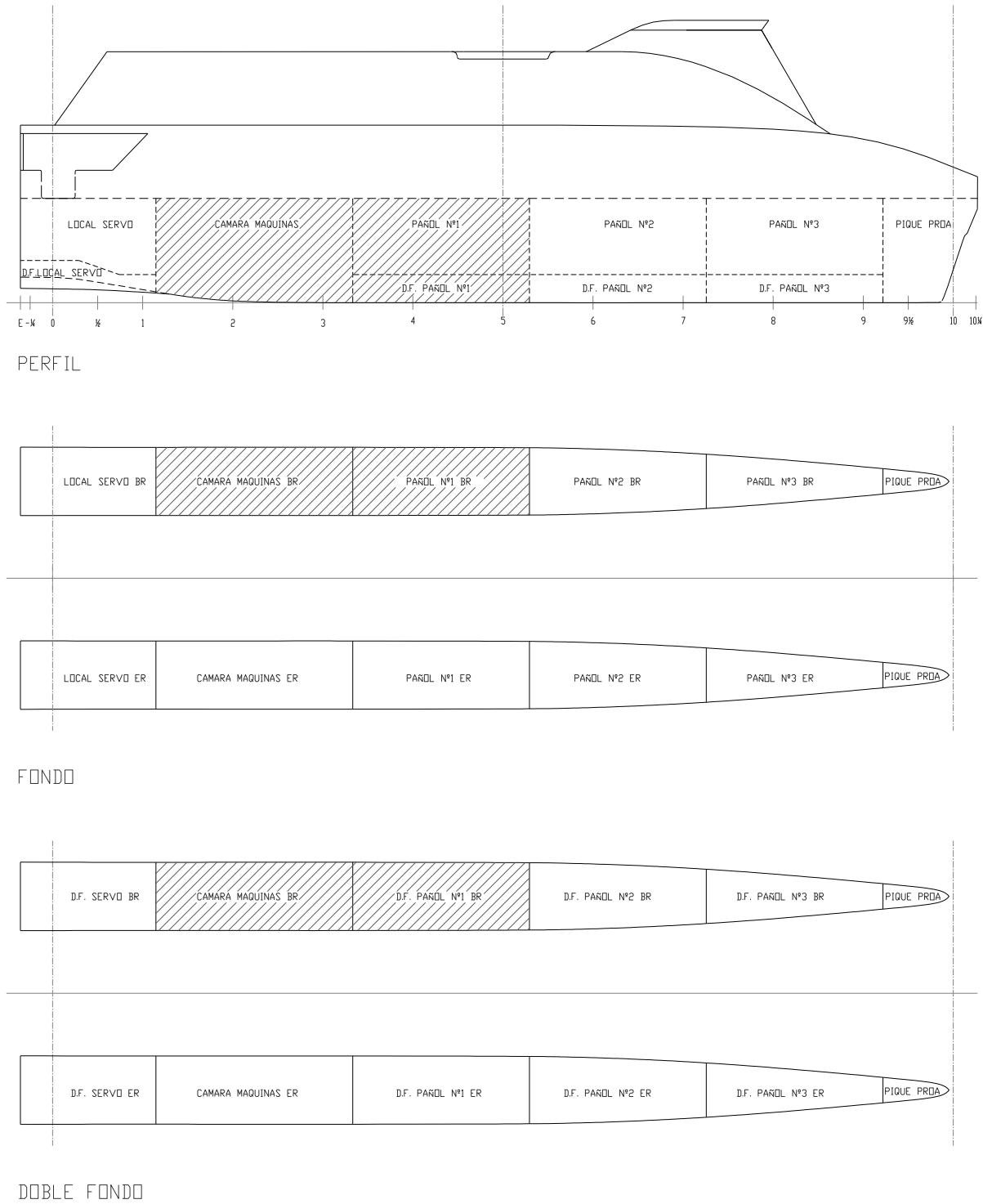


Figura 26 – Compartimentos inundados condición en avería 11



20.1. Curva GZ

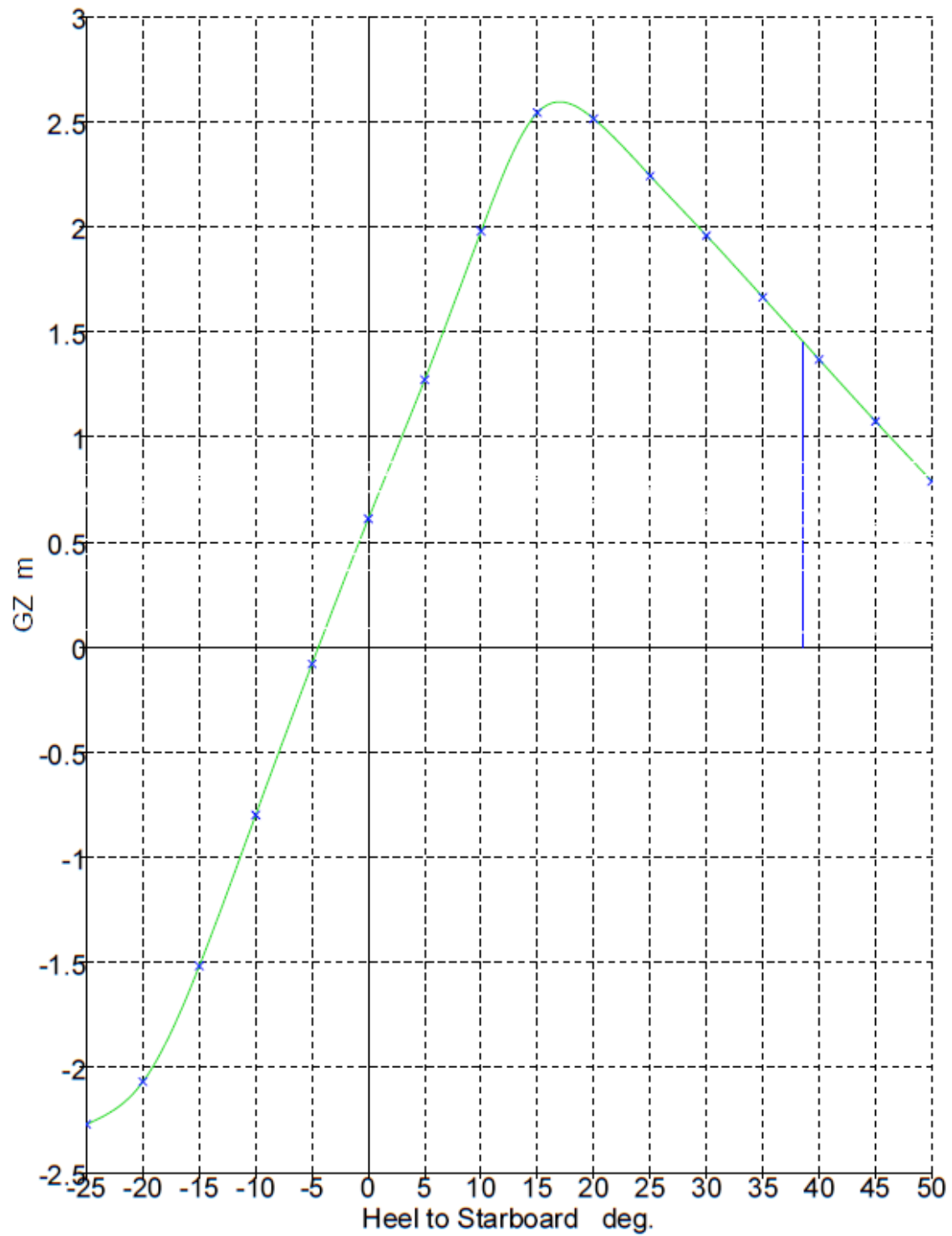


Figura 27 – Curva GZ condición en avería 11



20.2. Criterios de estabilidad

Código	Criterio	Valor	Unidades	Actual	Estatus
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Damage	2.1.1 Area between GZ and HL4				
	Area between GZ and heeling arms shall not be less than				
	Passenger crowding (Hpc)	0.00	m × °	14.59	Pass
	Hpc + Hw	1.60	m × °	14.48	Pass
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Damage	2.6 Value of max. GZ				
	shall be greater than	0.05	m	2.56	Pass
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Damage	2.6 Range of positive stability				
	shall not be less than	7.0	°	38.6	Pass
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Damage	3.2.2 Angle of equilibrium HL3 (passenger craft)				
	Angle of equilibrium due to the following shall not be greater than				
	Wind heeling (Hw)	15.0	°	-3.8	Pass
HSC2000 Ch2 Part B: Passenger craft. Damaged	2.13.2.5 Value of max. GZ in intermediate stages				
	shall be greater than	0.05	m	2.56	Pass
HSC2000 Ch2 Part B: Passenger craft. Damaged	2.13.2.3 Area under GZ curve				
	shall be greater than	0.86	m × °	72.90	Pass
HSC2000 Ch2 Part B: Passenger craft. Damaged	2.13.2.2 Range of positive stability				
	shall be greater than	15.0	°	38.6	Pass
HSC2000 Ch2 Part B: Passenger craft. Damaged	2.13.2.5 Range of positive stability in intermediate stages				
	shall be greater than	7.0	°	43.0	Pass

Tabla 24 - Criterios de estabilidad condición en avería 11



21. CONDICION 12 EN AVERIA

SALIDA DE PUERTO, 100% CONSUMOS Y 100% PASAJE

DAÑOS EN EL COSTADO PAÑOL 1 Y 2, D.F. PAÑOL 1 Y 2 Y TANQUES A.D Y G.O

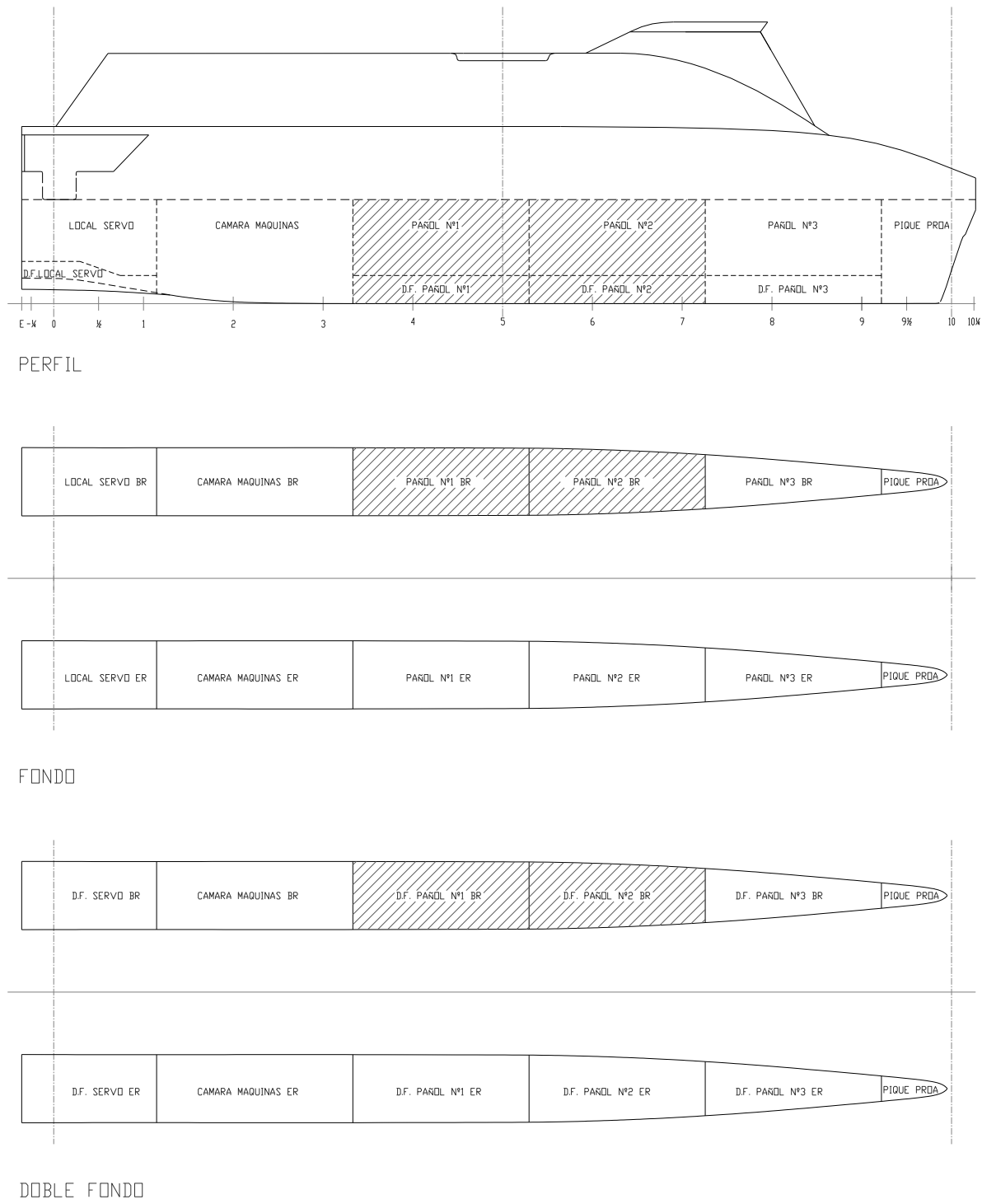


Figura 28 – Compartimentos inundados condición en avería 12



21.1. Curva GZ

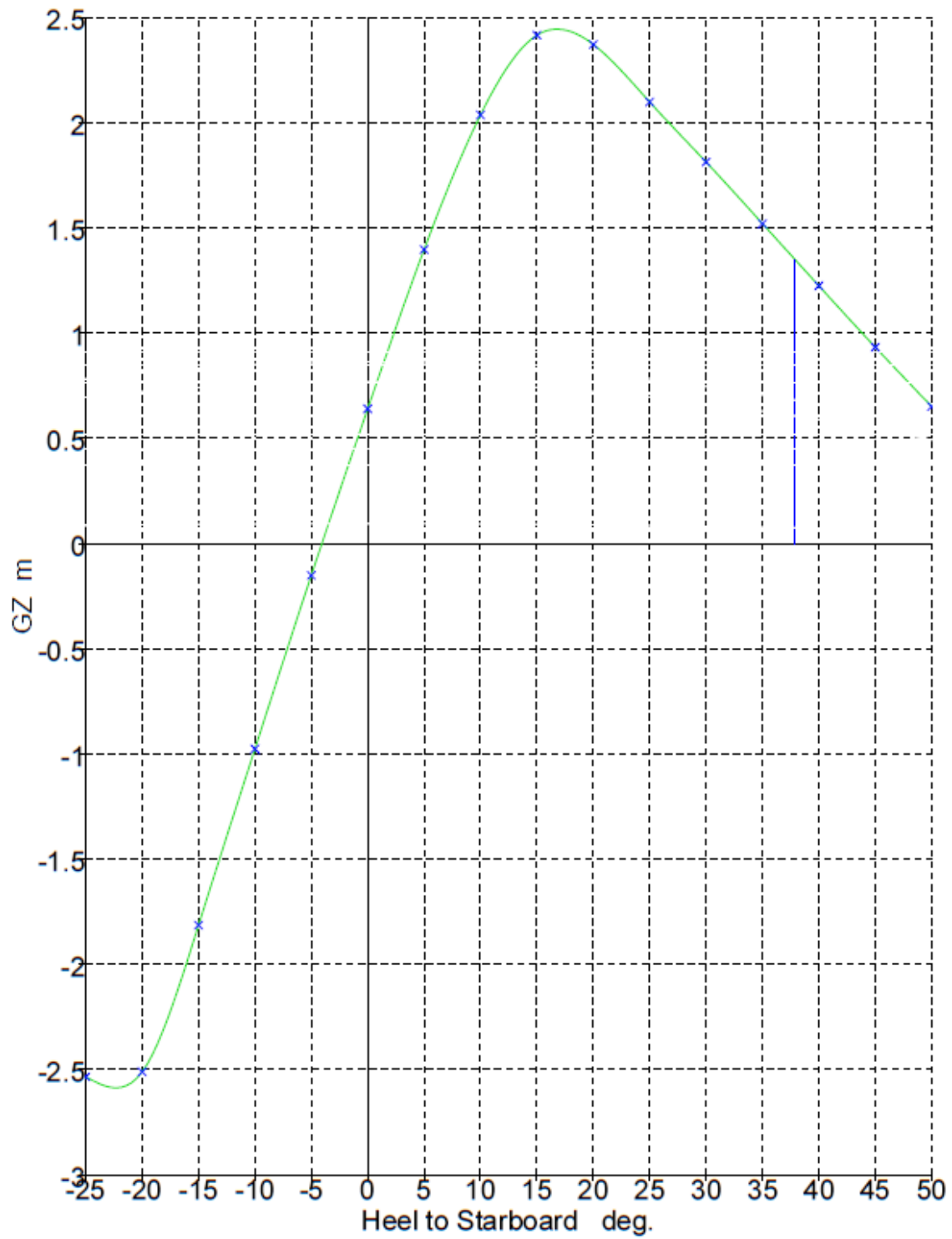


Figura 29 – Curva GZ condición en avería 12



21.2. Criterios de estabilidad

Código	Criterio	Valor	Unidades	Actual	Estatus
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Damage	2.1.1 Area between GZ and HL4				
	Area between GZ and heeling arms shall not be less than				
	Passenger crowding (Hpc)	0.00	m × °	13.82	Pass
	Hpc + Hw	1.60	m × °	13.71	Pass
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Damage	2.6 Value of max. GZ				
	shall be greater than	0.05	m	2.58	Pass
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Damage	2.6 Range of positive stability				
	shall not be less than	7.0	°	38.6	Pass
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Damage	3.2.2 Angle of equilibrium HL3 (passenger craft)				
	Angle of equilibrium due to the following shall not be greater than				
	Wind heeling (Hw)	15.0	°	-4.1	Pass
HSC2000 Ch2 Part B: Passenger craft. Damaged	2.13.2.5 Value of max. GZ in intermediate stages				
	shall be greater than	0.05	m	2.58	Pass
HSC2000 Ch2 Part B: Passenger craft. Damaged	2.13.2.3 Area under GZ curve				
	shall be greater than	0.86	m × °	74.13	Pass
HSC2000 Ch2 Part B: Passenger craft. Damaged	2.13.2.2 Range of positive stability				
	shall be greater than	15.0	°	38.6	Pass
HSC2000 Ch2 Part B: Passenger craft. Damaged	2.13.2.5 Range of positive stability in intermediate stages				
	shall be greater than	7.0	°	43.2	Pass

Tabla 25 - Criterios de estabilidad condición en avería 12



22. CONDICION 13 EN AVERIA

SALIDA DE PUERTO, 100% CONSUMOS Y 100% PASAJE
DAÑOS EN EL COSTADO PAÑOL 2 Y 3, D.F. PAÑOL 2 Y 3 Y TANQUE G.O.

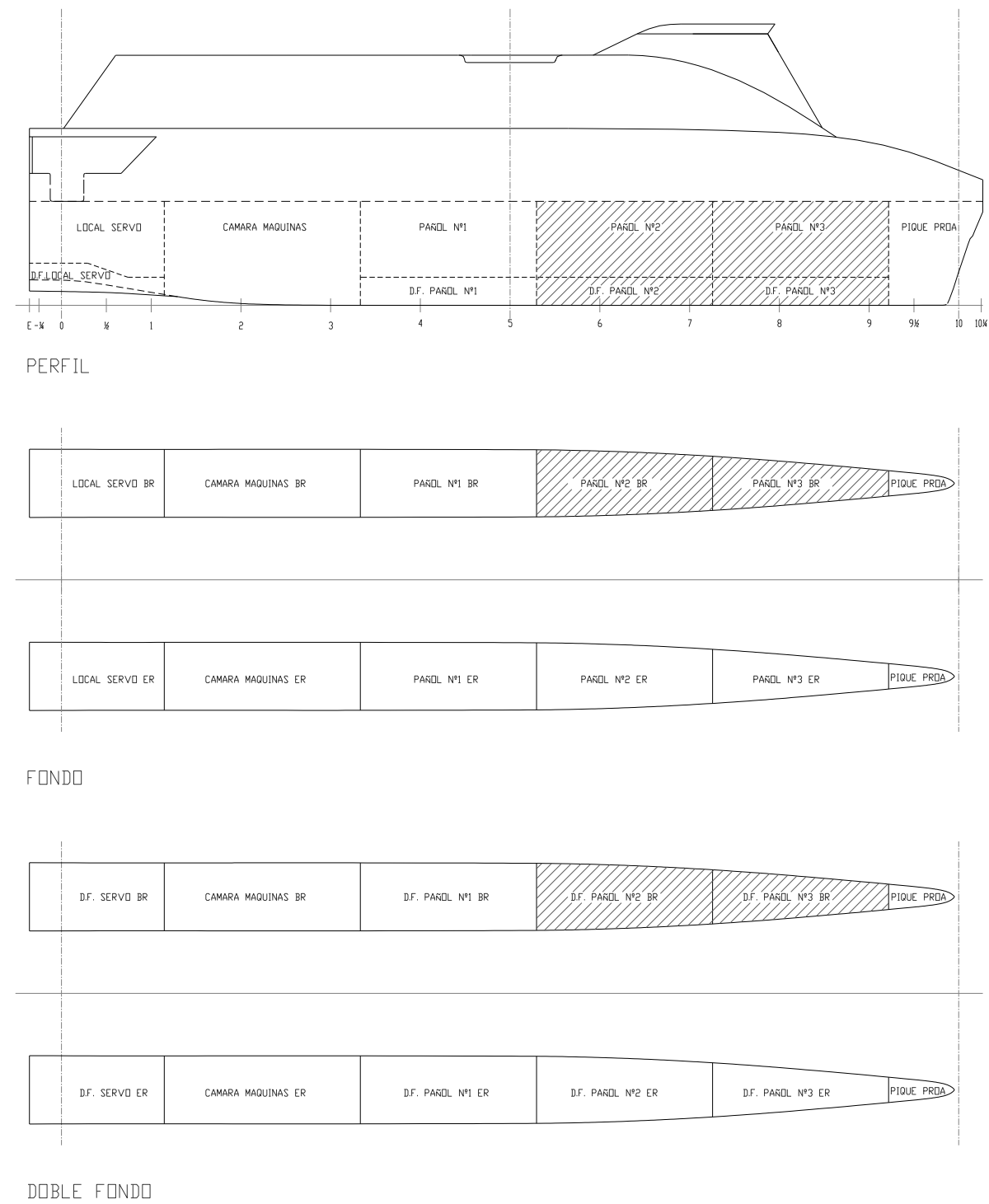


Figura 30 – Compartimentos inundados condición en avería 13



22.1. Curva GZ

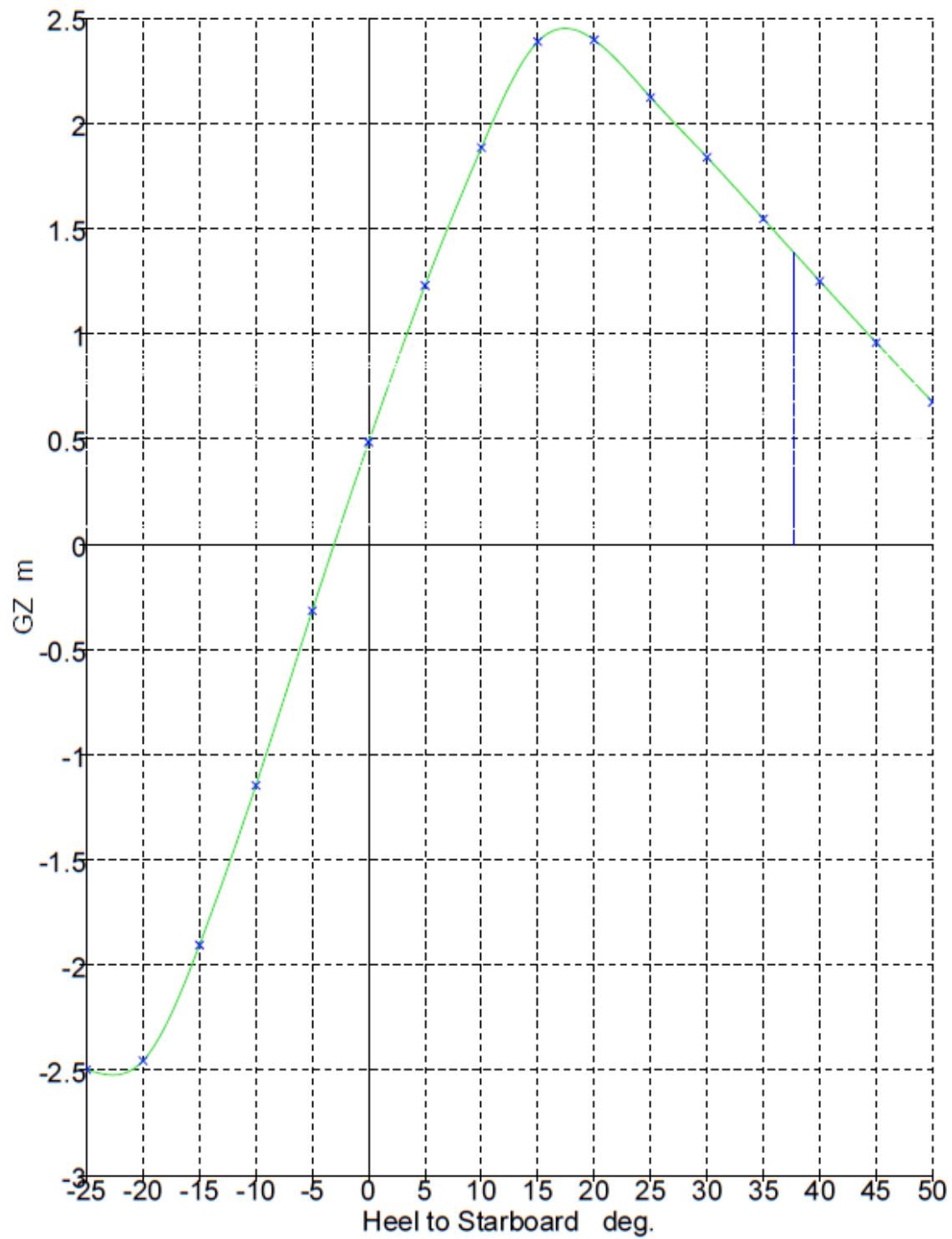


Figura 31 – Curva GZ condición en avería 13



22.2. Criterios de estabilidad

Código	Criterio	Valor	Unidades	Actual	Estatus
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Damage	2.1.1 Area between GZ and HL4				
	Area between GZ and heeling arms shall not be less than				
	Passenger crowding (Hpc)	0.00	m × °	14.37	Pass
	Hpc + Hw	1.60	m × °	14.25	Pass
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Damage	2.6 Value of max. GZ				
	shall be greater than	0.05	m	2.51	Pass
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Damage	2.6 Range of positive stability				
	shall not be less than	7.0	°	38.6	Pass
HSC 2000 Annex 7 Multihull. Damage	3.2.2 Angle of equilibrium HL3 (passenger craft)				
	Angle of equilibrium due to the following shall not be greater than				
	Wind heeling (Hw)	15.0	°	-3.1	Pass
HSC2000 Ch2 Part B: Passenger craft. Damaged	2.13.2.5 Value of max. GZ in intermediate stages				
	shall be greater than	0.05	m	2.51	Pass
HSC2000 Ch2 Part B: Passenger craft. Damaged	2.13.2.3 Area under GZ curve				
	shall be greater than	0.86	m × °	71.85	Pass
HSC2000 Ch2 Part B: Passenger craft. Damaged	2.13.2.2 Range of positive stability				
	shall be greater than	15.0	°	38.6	Pass
HSC2000 Ch2 Part B: Passenger craft. Damaged	2.13.2.5 Range of positive stability in intermediate stages				
	shall be greater than	7.0	°	42.3	Pass

Tabla 26 - Criterios de estabilidad condición en avería 13



23. RESISTENCIA LONGITUDINAL

A continuación, se muestran los esfuerzos longitudinales a los que está sometido el buque. En el cuaderno 6 se vio que no era necesario el cálculo de la estructura longitudinal del buque al ser una embarcación menor de 35 metros. Por este motivo no se tienen datos para comparar los esfuerzos máximos que permiten las reglas y los reales.

Si bien, se muestran las gráficas de los esfuerzos longitudinales que presenta cada condición de carga estudiada anteriormente.

En los siguientes gráficos quedan representados los siguientes parametros:

- Mass – Masa (t)
- Buoyancy – Empuje (t)
- Net load – Carga neta (t/m)
- Shear – Esfuerzo cortante (t)
- Moment – Momento flector (t/m)

23.1. Condición de carga 1

Salida de puerto, 100% consumos y 100% pasaje

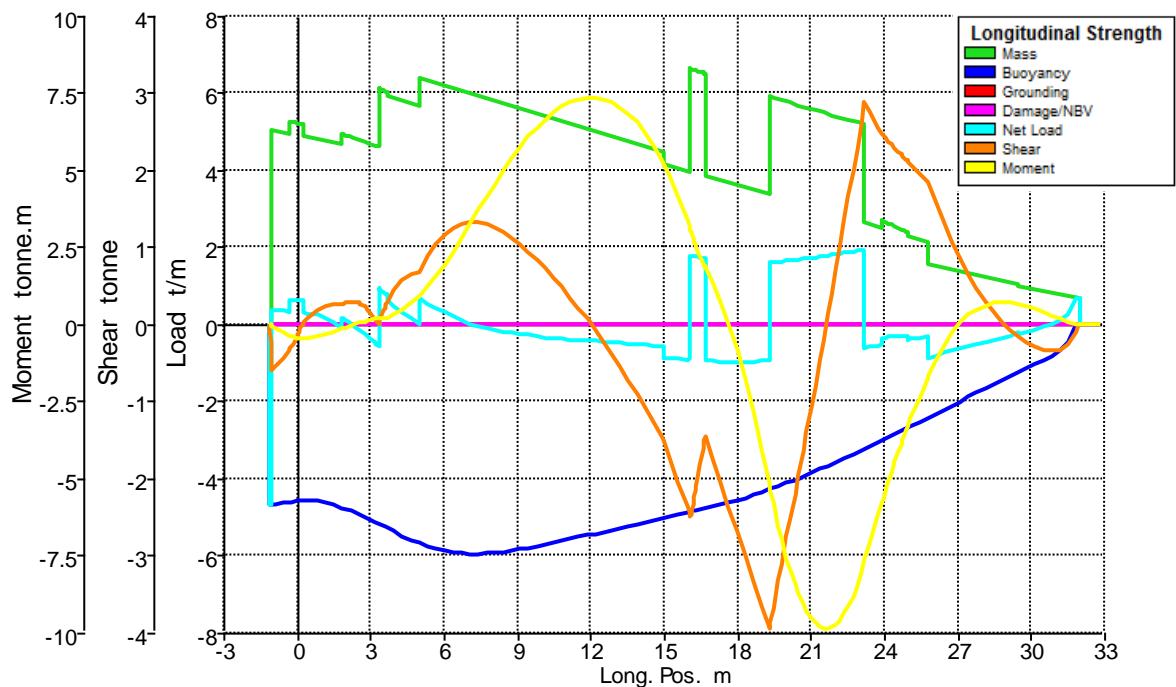


Figura 32 – Diagrama resistencia longitudinal C.C. 1



23.2. Condición de carga 2

Llegada a puerto, 10% consumos y 100% pasaje

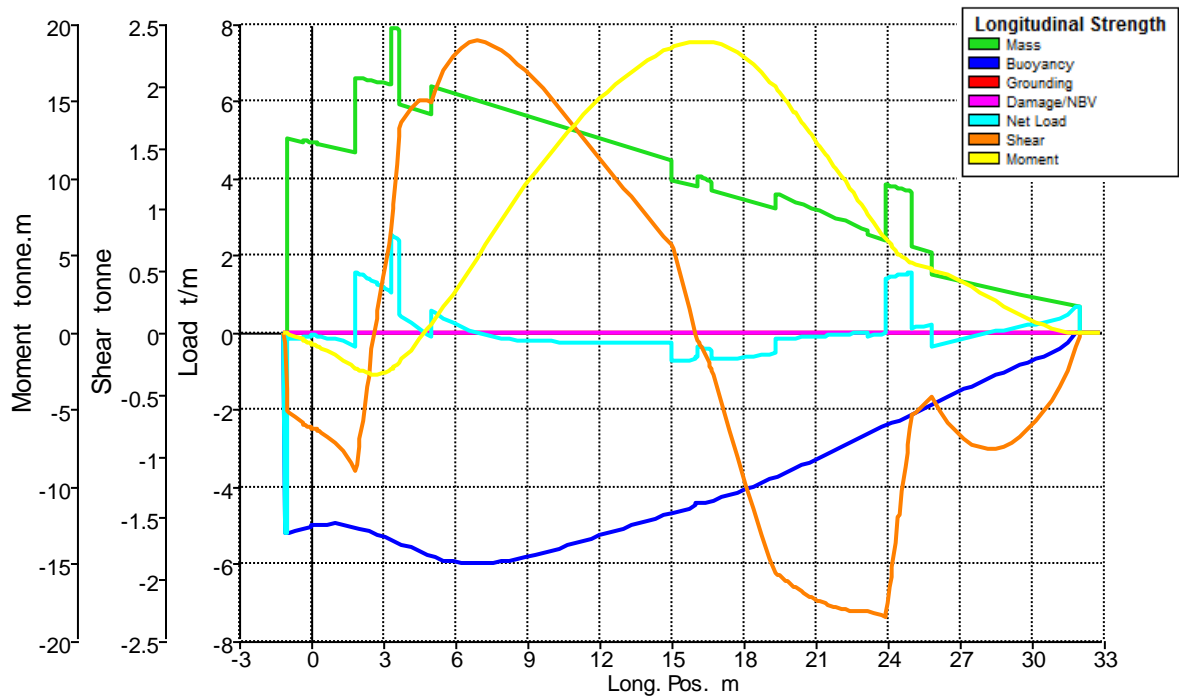


Figura 33 - Diagrama resistencia longitudinal C.C. 2

23.3. Condición de carga 3

Llegada a puerto, 10 % consumos y sin pasaje

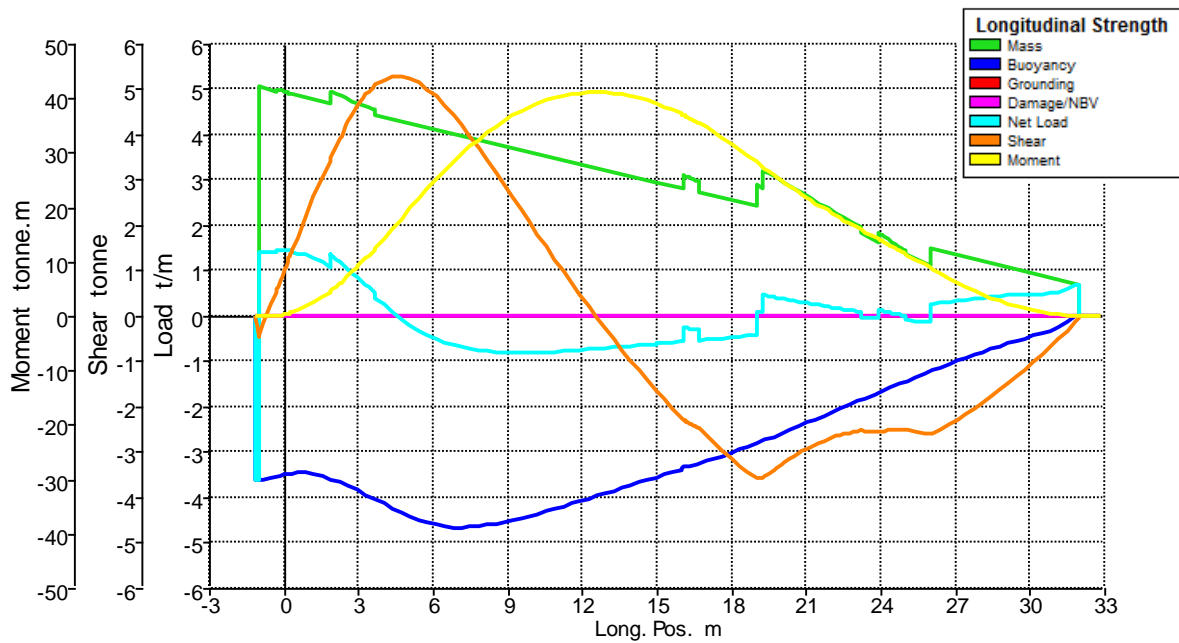


Figura 34 - Diagrama resistencia longitudinal C.C. 3



24. BIBLIOGRAFIA

1. Resolución MSC.97(73) "Código Internacional de Seguridad para Naves de Gran Velocidad", diciembre 2000.
2. Lloyd's Register: "Rules and Regulations for the Classification of Special Service Craft". Julio 2019.